
DISSENY D'UN SISTEMA AMB MICROCONTROLADOR I PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA DE BAIX CONSUM PER PANELLS INFORMATIUS

Autor: Maria Abàs Prades

Director: Enric Xavier Martín Rull

Departament: Eng.Sistemes,
Automàtica i Inf.Ind.

Treball de final de grau presentat sota el marc del

Grau en Enginyeria Informàtica

Realitzat a la

Facultat d'informàtica de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) – BarcelonaTech

En l'especialitat de

Enginyeria de Computadors

No tot és desar somnis pels calaixos
rodejats d'enemics o bé d'objectes
que subtilment i astuta ens empresonen.
Perquè viure és combatre la peresa
de cada instant i restablir la fonda
dimensió de tota cosa dita,
podem amb cada gest guanyar nous àmbits i amb cada mot acréixer l'esperança.
Serem allò que vulguem ser.
Pels vidres
del ponent encrespat, la llum esclata.

(Miquel Martí i Pol, Primer llibre de Bloomsbury)

Agraïments

Vull agrair al meu tutor del treball, Enric Xavier Martín, per haver acceptat la responsabilitat de guiar-me durant aquesta tasca i ajudar-me en qualsevol dels dubtes que m'han anat sorgint durant la realització d'aquest present treball.

Agrair als meus pares Pedro Abás, M^a Isabel Prades i la meva germana Sònia Abás per haver-me donat suport en tot moment durant la realització del treball i per no deixar de creure en mi en cap moment durant aquests 5 anys del grau.

Donar les gràcies a les meves amigues Iris Borrell i Júlia Margalef tant per donar-me suport constant en aquest projecte com també amb el suport donat aquests 5 anys a Barcelona.

Agrair als meus amics i companys de carrera que han fet possible que tot aquest procés fos més lleu, en especial donar les gràcies per l'ajuda que m'han donat i proporcionat en el desenvolupament d'aquest treball i també en aquests 5 anys de carrera amb les assignatures del grau: Daniel Domínguez, Clara Gaset, Emma Núria Guirado, Alberto Illobre, Alba Martín, Alberto Moragrega i Carles Romo.

Finalment realitzar un agraïment especial al meu amic i company de carrera Rafael Lucena, ja que sense ell aquest treball de fi de grau no hauria estat possible.

A TOTS VOSALTRES, MOLTÍSSIMES GRÀCIES.

Resum

Aquest treball de fi de grau sorgeix de la idea de mostrar la informació d'una forma diferent, innovant amb l'eficiència d'actualització de la informació que es vol mostrar i sobretot, en reduir el consum energètic dels aparells que s'utilitzen per realitzar aquest tipus de tasques, per tant, es dissenya un sistema format per un microcontrolador i una pantalla de tinta electrònica de baix consum.

Bàsicament el treball consisteix en obtenir la informació que es vulgui mostrar per mitjà de la API del Racó i mostrar a la pantalla de tinta electrònica de forma visual i compressible. El microcontrolador, la Raspberry Pi Zero W, transmetrà aquesta informació per mitjà del protocol SPI. Finalment, per tal de subministrar el corrent elèctric mentre s'obté i s'envien les dades s'utilitzarà un carregador extern, gràcies al baix consum dels dos dispositius.

A més, es realitzarà una comparació amb altres productes relacionats que es troben actualment al mercat i un estudi previ per cadascun dels components que formaran el prototip, cercant i observant els pros i contres i elegint i discutint al llarg d'aquest treball. Es realitzarà una avaluació per a decidir quina és la forma d'obtenció de dades que s'adequa millor per aquest projecte i finalment es presentar i es discutiran els resultats obtinguts.

Abstract

This project was conceived from the idea of displaying information in a innovative, efficient way with a low energy consumption as well from the devices used to display the information. Therefore, a system composed by a microcontroller and a e-ink display was designed.

All in all, this project will consist on obtaining information from the Racó API and show it in a e-ink display in a visual, comprehensible way. The microcontroller, a Raspberry Pi Zero W, transmits this information to the display through a SPI protocol. An external charger provides with electric power to both devices in order for them to be able to obtain and display the information.

Furthermore, a previous comparison between several products available on the market, as well as a pro and cons checklist for every option, had been conducted and discussed in this essay. An evaluation to decide which data source fits the best this project and finally, present a final results and a discussion.

INDEX

1. INTRODUCCIÓ I CONTEXTUALITZACIÓ	10
1.1. INTRODUCCIÓ.....	10
1.2. CONTEXT.....	10
1.3. ACTORS IMPLICATS.....	11
2. ESTAT DE L'ART	13
2.1. ESTUDIS DE MERCAT	13
2.2. CONCLUSIONS SOBRE L'ESTUDI DE MERCAT	16
3. FORMULACIÓ DEL PROBLEMA I OBJECTIUS DEL PROJECTE	17
3.1. FORMULACIÓ DEL PROBLEMA	17
3.2. OBJECTIU GENERAL DEL PROJECTE	17
3.2.1 Definició de l'abast	18
3.2.2 Possibles obstacles.....	19
4. METODOLOGIA I RIGOR.....	21
4.1. METODOLOGIA DE TREBALL.....	21
4.2. EINES DE SEGUIMENT I DE TREBALL	21
4.3. MÈTODE DE VALIDACIÓ	24
5. DESCRIPCIÓ DE LES TASQUES I RECURSOS	25
5.1. TASQUES.....	25
5.2. DEPENDÈNCIES ENTRE LES TASQUES	27
5.3. ESTIMACIÓ INICIAL DEL TEMPS DE LES TASQUES	28
5.4. DESVIACIONS SOBRE LA PLANIFICACIÓ INICIAL DEL TEMPS	28
5.5. ESTIMACIÓ FINAL DEL TEMPS DE LES TASQUES.....	30
5.5.1. Diagrama de Gantt final	31
5.6. VALORACIÓ D'ALTERNATIVES I PLA D'ACCIÓ	32
6. ANÀLISIS DELS COMPONENTS QUE FORMEN EL DISSENY	33
6.1. PANTALLES DE TINTA ELECTRÒNICA	33
6.2. MICROCONTROLADORS	34
6.3. CONNECTIVITAT	38
6.4. ENERGIA	39
7. GESTIÓ ECONÒMICA.....	40
7.1. RECURSOS	40
7.2. IDENTIFICACIÓ DELS COSTOS I ESTIMACIÓ DE COSTOS	40
7.3. CONTROL DE GESTIÓ	45
7.3. DESVIACIONS DELS PRESSUPOSTOS	45
8. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL	47
8.1. MATRIU DE SOSTENIBILITAT	47
8.2. DIMENSIÓ ECONÒMICA	47
8.3. DIMENSIÓ AMBIENTAL.....	47
8.4. DIMENSIÓ SOCIAL	48
9. DISSENY.....	49
9.1. RASPBERRY PI ZERO W	50
9.2. PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA	51

9.3.	COMUNICACIÓ PER SPI	53
9.4.	CONNECTIVITAT WIFI.....	55
9.5.	API DEL RACÓ	55
9.6.	CONNEXIÓ PER USB	57
9.7.	CARREGADOR EXTERN AMB PLACA SOLAR.....	57
10.	IMPLEMENTACIÓ	59
10.1	PYTHON	59
10.2	OBTENCIÓ DE LES DADES PER MITJÀ DE LA API	59
10.3	EMMAGATZEMATGE DE LES DADES	61
10.4	MOSTRAR LES DADES A LA PANTALLA	62
10.5.	IMPLEMENTACIÓ DEL CODI DEL HORARI	64
11.	RESULTATS	67
12.	CONCLUSIONS I POSSIBLES MILLORES	71
12.1.	CONCLUSIONS DEL TREBALL.....	71
12.2.	COMPETÈNCIES TÈCNIQUES	72
12.3.	POSSIBLES MILLORES.....	74
13.	REFERÈNCIES	75
14.	ANNEXOS	80
14.1	DOCUMENTACIÓ API DEL RACÓ	80

ÍNDEX DE FIGURES

FIGURA 1. FOTOGRAFIA D'UNA TABLETA (2), D'UN HORARI AMB MODIFICACIONS (3) I UN PÒSTER (4).....	11
FIGURA 2. FOTOGRAFIA D'UN LLIBRE ELECTRÒNIC (7).....	13
FIGURA 3. FOTOGRAFIA D'UNA SENYAL DE TRANSIT (9).....	14
FIGURA 4. FOTOGRAFIA D'UNA ETIQUETA DE SUPERMERCAT (10).....	14
FIGURA 5. FOTOGRAFIA D'UNA PANTALLA PAPERLIKE PRO. (12).....	15
FIGURA 6. FOTOGRAFIA D'UN YOTAPHONE. (14).....	15
FIGURA 7. FOTOGRAFIA DEL LOGOTIP DE GITHUB. (19).....	21
FIGURA 8. FOTOGRAFIA DEL LOGOTIP DE GOOGLE DRIVE (21).....	22
FIGURA 9. FOTOGRAFIA DEL LOGOTIP DE MICROSOFT WORD.....	22
FIGURA 10. FOTOGRAFIA D'UNA IMATGE DEL TRELLO PERSONAL QUE S'HA UTILITZAT PER AL TFG.....	23
FIGURA 11. MOSTRA DEL PROGRAMA MOBAXTREM (25)I SUBLIMETEXT (26).	23
FIGURA 12. DEPENDÈNCIES ENTRE LES TASQUES	27
FIGURA 13. DIAGRAMA DE GANTT FINAL	31
FIGURA 14. FOTOGRAFIA D'UNA RASPBERRY PI (42), UN PIC (43) I UN ARDUINO (44).....	35
FIGURA 15. FOTOGRAFIA D'UNA RASPBERRY PI ZERO W (52)	38
FIGURA 16. LOGOTIP REPRESENTATIU DE LA FUNDACIÓ RASPBERRY PI. (61).....	50
FIGURA 17. FOTOGRAFIA DEL LOGOTIP REPRESENTATIU DEL SISTEMA OPERATIU RASPBIAN (62).	50
FIGURA 18. ESQUEMA DE COM ACTUEN LES PARTÍCULES DE TITANI. (63)	52
FIGURA 19. PROTOCOL SPI UTILITZAT ENTRE LA PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA I LA RASPBERRY PI (66)	54
FIGURA 20. REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE LA CONNEXIÓ ENTRE LA RASPBERRY PI I EL HAT DE LA PANTALLA AMB LA SEVA LLEENDA DE COLORS.	55
FIGURA 21. FOTOGRAFIA QUE PERTANY A UNA DE LES CRIDES DE LA API (67)	56
FIGURA 22. FOTOGRAFIA DE LA CRIDA A LA API PER OBTENIR L'HORARI DE LES ASSIGNATURES.....	56
FIGURA 23. FOTOGRAFIA DEL CARREGADOR EXTERN AMB PLACA SOLAR (69).	58
FIGURA 24. URL PER OBTENIR LES ASSIGNATURES EN FORMAT JSON	59
FIGURA 25. IMPLEMENTACIÓ DE LA CRIDA PER OBTENIR LES ASSIGNATURES.	60
FIGURA 26. EXEMPLE DE RETORN DE LA LLISTA D'ASSIGNATURES EN FORMAT JSON.	60
FIGURA 27. URL PER OBTENIR LES ASSIGNATURES EN FORMAT JSON	60
FIGURA 28. IMPLEMENTACIÓ DE LA CRIDA PER OBTENIR L'HORARI DE LES ASSIGNATURES QUE S'ASSIGNEN A LA VARIABLE CONCATENACIÓ.	61
FIGURA 29. IMPLEMENTACIÓ DE LA RELACIÓ ENTRE ASSIGNATURES I AULES.....	62
FIGURA 30. DIRECTORI /AULES AMB LES ASSIGNATURES ASSIGNEDES A CADA AULA.	62
FIGURA 31. IMPLEMENTACIÓ DE L'ORDENACIÓ DEL FITXER.	62
FIGURA 32. INICIALIZACIÓ DELS PINS NECESSARIS PER A LA COMUNICACIÓ SPI.	63
FIGURA 33. FUNCIÓ PRINCIPAL PER PINTAR L'HORARI.	64
FIGURA 34. IMPLEMENTACIÓ DE COM ES PINTEN LES HORES I DIES I DE COM S'OBTÉ LES LLISTES DE POSICIONS.	65
FIGURA 35. IMPLEMENTACIÓ DEL CODI DE PINTAR LES LÍNIES VERTICAL I LES LÍNIES HORITZONTALS.	65
FIGURA 36. IMPLEMENTACIÓ DE LA FUNCIÓ PINTAASSIGNATURES.....	66
FIGURA 37. FOTOGRAFIA DE LA PANTALLA AMB L'HORARI DE L'AULA A5102	67
FIGURA 38. FOTOGRAFIA EN COLOR DEL LOGOTIP DE LA FIB.	68
FIGURA 39. FOTOGRAFIA DE LA PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA AMB EL LOGOTIP DELS 40 ANYS DE LA FIB.	69
FIGURA 40. FOTOGRAFIA DEL DELTA DE L'EBRE.	69
FIGURA 41. FOTOGRAFIA DE LA PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA DEL DELTA DE L'EBRE.....	70

ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1. TAULA D'ESTIMACIONS DE TEMPS DE LAS TASQUES I SUBTASQUES DE LA FITA INICIAL.....	28
TAULA 2. TAULA D'ESTIMACIONS DE TEMPS DE LAS TASQUES I SUBTASQUES DE LA FITA FINAL.	30
TAULA 3. TAULA COMPARATIVA DE TECNOLOGIES DE TINTA ELECTRÒNICA.....	33
TAULA 4. TAULA COMPARATIVA DE MICROCONTROLADORS.	35
TAULA 5. TAULA COMPARATIVA ENTRE RASPBERRY PI 1 MODEL A+ I MODEL B+	36
TAULA 6. TAULA COMPARATIVA ENTRE RASPBERRY PI 2 MODEL B I RASPBERRY PI 1 MODEL B+.	37
TAULA 7. TAULA COMPARATIVA ENTRE RASPBERRY PI 3 MODEL B I MODEL B+.....	37
TAULA 8. TAULA COMPARATIVA ENTRE RASPBERRY PI ZERO I RASPBERRY PI ZERO W	38
TAULA 9. RECURSOS HUMANS	40
TAULA 10. RECURSOS HARDWARE	40
TAULA 11. RECURSOS SOFTWARE.....	40
TAULA 12. TAULA DE COSTOS DE RECURSOS HUMANS.....	41
TAULA 13. TAULA DE COSTOS DELS RECURSOS HARDWARE	42
TAULA 14. TAULA DE COSTOS DE RECURSOS SOFTWARE	42
TAULA 15. TAULA DE COSTOS INDIRECTES	42
TAULA 16. TAULA DE COSTOS DIRECTES RELACIONS AMB EL DIAGRAMA DE GANTT	44
TAULA 17. TAULA TOTAL DE COSTOS	45
TAULA 18. TAULA DE DESVIACIONS.....	46
TAULA 19. MATRIU DE SOSTENIBILITAT.	47
TAULA 20. TAULA DE DESCRIPCIÓ DELS PINS DEL HAT DE LA PANTALLA DE TINTA ELECTRÒNICA. (66).....	54

1. Introducció i contextualització.

1.1. Introducció

Aquest projecte és un Treball de Final de Grau (TFG) del grau amb Enginyeria Informàtica desenvolupat a la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) i centrat amb l'especialitat d'Enginyeria de Computadors. El projecte consisteix a dissenyar un sistema amb microcontrolador i pantalla de tinta electrònica de baix consum per panells informatius. El microcontrolador serà el protagonista principal i l'orquestrador del prototip, ja que s'encarregarà d'obtenir les dades que es vulguin mostrar i enviar-les de forma eficient a la pantalla de tinta electrònica. De tot el ventall de microcontroladors que ens ofereix el mercat ens centrarem en aquestes tres opcions: Raspberry Pi, Arduino i PIC. Finalment, un cop realitzat una comparació amb aquest tres productes, s'elegirà el que tingui unes característiques més idònies amb els objectius plantejats i que es volen assolir amb aquest treball.

A la pantalla de tinta electrònica és on es mostrarà la informació o les dades que provenen del microcontrolador obtingudes per algun tipus de mitjà. La tecnologia de tinta electrònica es molt utilitzada en llibres electrònics i a diferència de les pantalles convencionals de TFT i de cristall líquid permeten augmentar el rang de visió, no consumeix quasi bé energia perquè no se necessiten retroalimentació i són molt més flexibles (1). La gamma de color d'aquest tipus de pantalles sol ser molt limitada, normalment solen ser de color negre i blanc, però en alguns casos poden tenir fins a tres colors: negre, blanc i vermell o fins i tot negre, blanc i groc. Actualment s'està desenvolupant amb pantalles de tinta electrònica amb molts més colors però l'inconvenient és que el temps de *refresh* de la pantalla augmenta. El temps de *refresh* és el temps que triga la pantalla en mostrar les dades.

1.2. Context

Quan es vol donar informació sobre alguna cosa, ja sigui d'un horari, notificació o una petita informació, etc., aquesta moltes vegades es dona en forma de paper i es penja a un lloc on sigui visible. Un exemple molt clar seria un horari d'un museu, d'un gimnàs o d'una aula de conferències. En aquell paper sol posar l'horari de visita, en el cas del museu, l'horari de les classes dirigides al gimnàs i en el cas de l'aula de conferències l'horari amb les conferències assignades en aquella aula.

Aquests horaris es poden veure modificats freqüentment. Si en comptes de sempre usar paper aquests es poguessin modificar per mitjà d'una pantalla i un microcontrolador sense tenir la necessitat de que algú vigili si hi ha alguna actualització, l'eficiència de l'obtenció de la informació és millor i el consum de paper i de tinta és menor i per tant beneficis pel beneficiari.

En altres casos com a panell informatiu s'usa una tableta, en aquest cas el problema d'actualització d'informació no apareix. Però sorgeix una altra dificultat a tenir en compte. Aquest dispositiu per tal de mostrar la informació esta sempre en continu funcionament, per tant, consumeixen una alta quantitat d'energia que no ens beneficia a nivell ambiental i es pot reduir usant altres dispositius TIC de baix consum.

Aquest projecte ajudarà a millor l'eficiència de l'actualització de la informació d'una forma molt més ràpida i sobretot a reduir el consum de paper, tinta i altres agents implicats que ens ajudarà amb el tema de la sostenibilitat. L'enfocament principal d'aquest treball és que el dispositiu consumeix el mínim d'energia possible per tal de minimitzar el consum d'electricitat i les conseqüències del seu impacte.

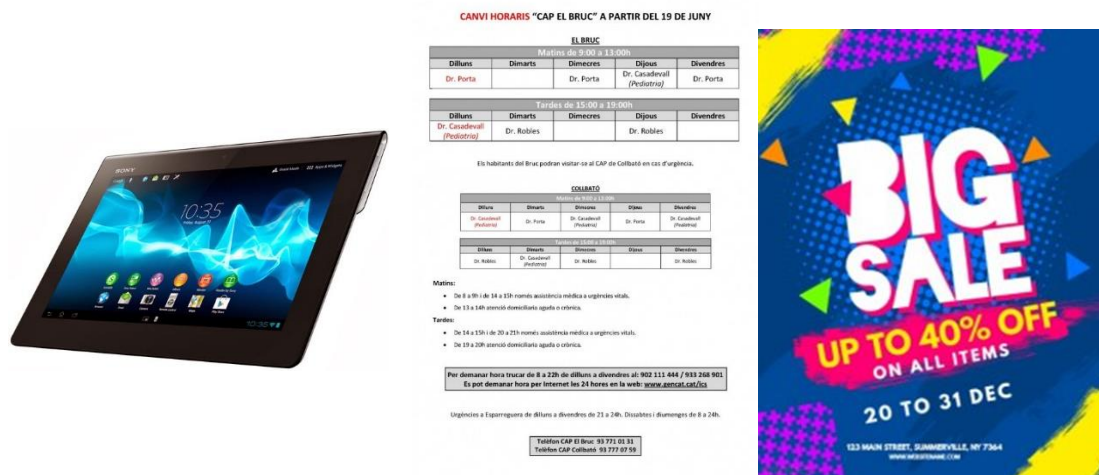


Figura 1. Fotografia d'una tableta (2), d'un horari amb modificacions (3) i un pòster (4).

1.3. Acters implicats

En aquest apartat es defineixen els diferents actors implicats. Els actors implicats en aquest projecte són de forma directa, ja que no hi ha cap altre actor que hi participi de forma indirecta. Tenim dos grups globals d'actors directes implicats: les persones implicades amb el desenvolupament d'aquest projecte i les persones beneficiaris del producte resultant.

a) Persones implicades amb el desenvolupament del projecte.

En aquest cas tenim dues persones implicades en el desenvolupament:

- **Desenvolupador.** Aquesta serà la persona encarregada de dur a terme el desenvolupament del treball. La feina encarregada per aquesta persona serà buscar els millors components que s'adaptin a les característiques adequades a nivell de consum energètic i d'interacció. A continuació desenvoluparà la comunicació entre els dos components (el microcontrolador i la pantalla de tinta electrònica), l'obtenció de les dades i la mostra d'aquestes a la pantalla.
- **Director.** En aquest cas el director juga una peça important en el projecte, ja que és l'encarregat de guiar al desenvolupador (en aquest cas l'alumne) i de supervisar que es compleixin tots els objectius marcats, mitjançant reunions i seguiments.

b) Persones beneficiaries del producte.

Aquest projecte pot ser beneficiari per qualsevol sector ja que pretén que sigui un panell informatiu per poder informar de qualsevol notificació. Aquí es mostren una sèrie d'exemple de possibles persones beneficiaries del producte final:

- **Usuaris que assisteixen a museus o a les classes dirigides del gimnàs i estudiants universitaris.** Normalment quan es vol consultar alguna cosa (en aquest cas els usuaris del museu o del gimnàs) aquests solen anar a veure l'horari o a veure alguna notificació. El que es vol fer és que aquesta informació sigui actualitzable i que redueixi el consum d'energia quan l'aparell estigui encès. Una cosa similar passa quan ets estudiant, a la porta de cada una de les classes de la teva facultat sol aparèixer un paper informatiu amb les classes que hi ha en aquella aula i en quines hores pot estar lliure. Una facultat és molt gran i no solament i poden aparèixer horaris en les aules de classe si no, aules d'estudi, aules de conferències, etc., per tant, produeix que per cada aula hi hagi un paper on es disposi la informació de la setmana i es vagi canviant cada setmana o quan hi hagi una actualització del horari no prevista, com a conseqüència aquest informació s'ha d'anar personalment a canviar i modificar. Aquest projecte permet reduir el consum de paper i tinta que l'actualització sigui sempre la

correcta i que no hi hagi cap error, ja que s'actualitzarà en cada moment per obtenir la màxima qualitat informativa possible.

- **Empreses.** En el cas de les empreses aquestes es poden veure beneficiades econòmicament com a conseqüència de la reducció del ús de paper i tinta. Per altra banda també produiria en elles un impacte ambiental amb la societat respecte de les possibles tabletas que poden utilitzar, ja que, el prototip que es presenta consumeix molta menys energia.

2. Estat de l'art

2.1. Estudis de mercat

Abans de començar amb el desenvolupament d'aquest sistema, serà necessari primer realitzar un anàlisi de les possibles solucions ja existents o usos que s'estan realitzant amb la pantalla de tinta electrònica. D'aquesta manera ens ajudarà a veure que ofereix el nostre projecte respecte dels que ens presenta la resta del mercat.

- **Llibre electrònic.** El llibre electrònic seria el dispositiu que tothom coneix quan es parla de pantalles de tinta electrònica. Aquest dispositiu de lectura va aparèixer l'any 2007 per la mà de Amazon i va ser anomenat Kindle (5). Tot i que altres fonts apunten a que el primer dispositiu que va aparèixer per primer cop va ser el de SONY, l'any 2004.

Un cop aquest dispositiu es va fer viral al mercat moltes van ser les marques que es van començar unir. Actualment podem trobar aquest aparell amb diferents noms: *Papyre 6.1*, *Sony Reader*, *iRex Illiade*, *Amazon Kindle*, *Cybook Gen3* *STAReBOOK STK-101*, etc (6).

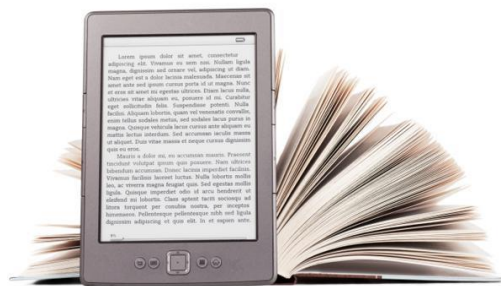


Figura 2. Fotografia d'un llibre electrònic (7)

- **Senyals de transit.** La primera ciutat en un utilitzar aquesta forma de mostrar la informació vial va ser la ciutat de Sidney creat a partir del Departament de

Servies Terrestres i Marítims (RMS) australià (8). Els avantatges que afavoreixen respecte de les senyals convencionals es que la informació d'aquestes és pot modificar d'una forma més regular i al no emetre llum la pantalla no reflexa, però té un petit inconvenient, a la nit necessita llum addicional perquè es pugui veure la informació que s'està mostrant (9).



Figura 3. Fotografia d'una senyal de transit (9)

- **Etiquetes de supermercats.** Els primers a impulsar-ho va ser la cadena britànica *Sainsbury* a Londres que va començar a utilitzar aquestes pantalles de tinta electrònica substituint el paper convencional, per mostrar el preu dels seus productes (10).



Figura 4. Fotografia d'una etiqueta de supermercat (10).

- **Paperlike Pro.** Passar moltes hores davant d'un ordinador pot portar una sèrie de molèsties i inconvenients com per exemple: mal de camps, molèsties visuals o incapacitat per a mantenir la concentració. A causa de tots aquests problemes per la nostra salut, sorgeix la necessitat de crear un monitor que ajudi a reduir tots aquests inconvenients. L'empresa encarregada de crear aquest monitor és Beijing Dasung Tech Co., Ltd. que ha desenvolupat una pantalla de tinta electrònica de 13 polsades i amb connector HDMI. És una pantalla de solament dos colors blanc i negre perquè el temps de *refresh* sigui el menor possible. (11)



Figura 5. Fotografia d'una pantalla Paperlike Pro. (12)

- **Smartphones.** Una opció pensada per a l'ús d'aquestes pantalles es utilitzant-la amb telèfons mòbils, com és el cas de l'empresa Russa, Yota Devices que l'any 2016 va aparèixer amb aquest tipus de telèfon. El Yotaphone és un telèfon format per una pantalla de tinta electrònica a la part del darrera i la part frontal formada per una pantalla AMOLED. Les pantalles AMOLED es basen amb la tecnologia de pantalles OLED. Les OLED és caracteritzen per tenir un tipus de díodes que formen una capa electroluminescent i que estan formats per uns components orgànics que interactuen amb l'electricitat provocant que generin energia i que emetin llum. Altres empreses Xines han volgut pujar al carro de la pantalla de tinta electrònica per telèfons, creat un smartphone igual que els telèfons creat per l'empresa russa que al darrera incorporen una pantalla de tinta electrònica que solament es pot usar com a llibre electrònic. Amb aquest tipus de smartphones el que pretenia aquesta empresa Xina es unir el telèfon i el llibre electrònic amb un sol dispositiu. (13)



Figura 6. Fotografia d'un Yotaphone. (14)

2.2. Conclusions sobre l'estudi de mercat

Després d'observar els diferents projectes que hi ha amb l'ús de les pantalles que utilitzen la tecnologia de tinta i veure que en altes països ja s'ha posat en funcionament d'alguna forma o altra, s'ha pogut determinar que aquest projecte pot tenir una molt bona rebuda dins al mercat. Per una banda, perquè l'ús d'aquestes pantalles facilita una reducció del consum de paper i de tinta i també la facilitat d'actualitzar la informació, ja que aquesta és de forma immediat. Per altra banda, ajuda a disminuir el consum energètic.

Tots aquests avantatges poden ajudar a les empreses a nivell econòmic com també a nivell d'eficiència. Per tant, la solució que es proposa en aquest treball és augmentar el mercat en l'ús d'aquest dispositius enfocant altres àmbits i utilitzant els microcontroladors consideres dispositius de baix consum perquè el dispositiu sigui encara més eficient a nivell energètic.

Les pantalles de tinta electrònica són una tecnologia en blanc i negre que no te retro il·luminació i que per tant no cansa tant a la vista i el material és més flexible que el de les pantalles convencionals. Els avantatges d'aquest tipus de tecnologia és que consumeix poca energia i permet crear pantalles fines i de poc pes similars a un paper convencional (15), per tant, aquest tipus de pantalles ajuden a reduir problemes visuals i altres problemes relacionats amb la salut que les pantalles convencionals ens provoquen i és un punt que s'ha de tenir en, perquè les persones passem la majoria del temps del seu dia a dia davant d'una pantalla, ja sigui, d'un ordinador, d'una tableta o simple del seu propi telèfon mòbil, provocant un cansament a la vista inadequat i innecessari si la feina que s'ha de realitzar és necessari solament mostrar dos colors com a màxim, com per exemple: redactar un documents, llegir un llibre, etc.

3. Formulació del problema i objectius del projecte

3.1. Formulació del problema

La idea principal d'aquest treball de final de grau sorgeix a partir dels horaris a paper que utilitza la Facultat d'Informàtica de Barcelona per mostrar els horaris dels aularis de les classes i el de les aules d'ordinadors, també anomenades vulgarment com les peixeres. Els principals problemes de l'ús d'aquest mitjà són el consum exorbitant de paper i de tinta i que moltes vegades es produeixen actualitzacions d'aula que no és mostren perquè no ha donat temps a realitzar la modificació pertinent amb el nou horari i no estan actualitzades amb la informació que hauria de tocar.

Altres sales de reunions i despatxos de la facultat disposen d'una tableta per mostrar la informació a diferència del paper convencional que s'usa en les aules dels estudiants. La tableta ens permet que la informació estigui actualitzada al minut ja que aquesta té algun tipus de connectivitat que li permet actualitzar les dades que ha de mostrar en qualsevol moment, per tant, té un avantatge més respecte del paper i tinta convencional però hi ha un inconvenient, com qualsevol altre dispositiu elèctric: la tableta realitza un consum d'energia elevat. Aquest consum d'energia no es pot reduir, per tant, l'impacte mediambiental d'aquesta solució és notablement negatiu i per tant, la fa una alternativa no viable.

El prototip que es presenta en aquest treball permet realitzar la mateixa funcionalitat que la tableta però reduint el consum d'energia fins al mínim, ja que tal i com hem dit abans, el consum d'energia de les pantalles de tinta electrònica és molt baix perquè no necessita retroalimentació. La retroalimentació és un procés pel qual una certa proporció del senyal de sortida d'un sistema es redirigeix de nou a l'entrada, en aquest cas, parlem d'electricitat. (16)

3.2. Objectiu general del projecte

L'objectiu principal d'aquest treball de fi de grau és construir un prototip per mostrar qualsevol tipus d'informació, format per un microcontrolador i una pantalla de tinta electrònica que consumeixin la menor quantitat d'energia possible i que la informació que mostrin sigui fàcil d'actualitzar. Aquest prototip pretén substituir els diferents panells informatius actuals, ja sigui un pòster, un simple paper o una tableta. Els avantatges d'aquest prototip respecte els productes mencionats es que no presenta un

consum elevat de paper o tinta i tampoc presenten un consum elevat d'energia. Encara que el consum d'energia sigui el mínim, com qualsevol aparell electrònic aquest consumeix, per tant, per mantenir la característica de sostenible i beneficis pel medi ambient l'energia que s'utilitzarà per mantenir el component viu serà totalment renovable.

3.2.1 Definició de l'abast

En aquest apartat es defineix l'abast del projecte. Cal tenir en compte que el prototip estarà format per un microcontrolador, una pantalla de tinta electrònica, una font d'alimentació i algun tipus de connectivitat òptima per obtenir la informació que es vol mostrar. Per tant, els objectius que es plantegen aniran relacionats amb aquests productes.

A continuació es mostren els objectius plantejats en aquest treball de fi de grau:

- ❖ Les dimensions del sistema. No volem que el prototip sigui d'una mida molt voluminosa, ja que no és de vital necessitat, l'únic important sobre la mida del dispositiu serà la pantalla perquè volem que tingui una mida adequada per a la lectura per tal de que la informació es vegi correctament sense necessitat de forçar la vista.
- ❖ Cost del sistema no molt car. El preu del projecte no ha de ser molt elevat per a permetre un desplegament a gran escala perquè sigui sostenible econòmicament.
- ❖ Connectivitat per actualitzar la informació. Ens interessa que no s'hagi de fer cap instal·lació (a nivell de cablejat) perquè arribi la informació adequada. Per tant es buscaran mòduls de suport que ens permetran la connectivitat sense cables.
- ❖ Limitació energètica. El consum energètic també serà un punt clau. Ja sabem que el consum energètic de les pantalles de tinta electrònica no és molt elevat, però s'ha de controlar que la dels altres components també ho sigui per mantenir el mínim consum d'electricitat respecte dels aparells que hi ha al mercat.
- ❖ Memòria del microcontrolador. La quantitat de dades que s'hauran d'obtenir i d'enviar a la pantalla de tinta electrònica serà important, per tant,

necessitem un microcontrolador que ens ajudi enviar tota aquesta informació sense tenir pèrdues.

- ❖ Extracció de dades. S'haurà de realitzar un estudi indicant quina és la millor forma d'obtenir la informació que es vol mostrar i quines opcions ens ofereixen actualment al mercat o si és necessari implementar algun mitjà per obtenir-les.
- ❖ Comunicació microcontrolador i pantalla de tinta electrònica. Tots els microcontroladors candidats hauran de tenir un sistema de comunicació o protocol amb la pantalla de tinta electrònica.
- ❖ Mostra de dades a la pantalla. L'objectiu principal d'aquest treball es que sigui un panell informatiu, un dels exemple clar, és un horari, per tant, volem que es mostri un horari d'una de les aules de la Facultat d'Informàtica de Barcelona, la FIB i a banda que es puguin mostrar altres imatges.
- ❖ Temps de *refresh*. Reduir si es possible el temps que por tardar en mostrar els píxels activats a la pantalla, ja que el temps de *refresh* d'aquest tipus de pantalles es molt elevat.

3.2.2 Possibles obstacles

Com qualsevol altre projecte la gestió del temps serà fonamental per dur a terme aquest treball dins del temps establert. L'elecció correcta dels components que s'utilitzaran potser crucial amb el desenvolupament comportant que no provoqui una desviació del temps molt elevada i que no hi hagi cap canvi sobtat que es pugui veure afectat amb la planificació de les tasques i del temps.

Si la elecció dels components del prototip és la correcta s'ha de veure els diferents obstacles que poden anar apareixen amb la comunicació entre ells i com gestionar aquesta situació de la millor manera possible. També poden sorgir altres obstacles o riscos no plantejats en funció dels elements que s'escollien, ja que, per exemple, per cadascun dels microcontroladors, en funció de quin s'agafa la implementació pot ser totalment diferent a la d'una altra, llavors cadascun ens pot portar a un camí diferents. La configuració dels espais de treball que necessitem per dur a terme les tasques necessàries per complir els objectiu del treball també pot comportar obstacles ja que si la comunicació entre el microcontrolador i l'ordinador en qual s'està desenvolupament

la tasca no és correcta, s'haurà de buscar una altra solució viable per poder realitzar i continuar amb la feina establerta. No obstant, uns dels obstacles principals pot ser que el microcontrolador no tingui suficient connectivitat per obtenir les dades necessàries o no tingui la suficient capacitat de memòria per obtenir tota la informació, en aquests casos s'haurà de buscar una solució alternativa que sigui viable.

4. Metodologia i rigor

4.1. Metodologia de treball

En aquest apartat analitzarem la metodologia que es du a terme en aquest treball. La dividirem en 3 parts: fase inicial, fase de desenvolupament, fase final.

- **FASE INICIAL**

En aquesta fase el que es pretén és buscar informació per al desenvolupament del projecte, concretament sobre els components que formen el prototip, realitzar la compra dels materials necessaris, ja sigui: cables, mòduls externs, el microcontrolador, la font d'alimentació, la pantalla de tinta electrònica, etc.

- **FASE DE DESENVOLUPAMENT**

Un cop escollits tots els components, es donarà per inicialitzada la fase de desenvolupament. En aquesta fase, per tenir un control del que s'està realitzant, s'utilitzarà la eina *Trello* (17) amb fites setmanals marcades per al desenvolupament. Mentre es va realitzant el projecte també es marcaran fites per a la documentació del projecte, de manera que es controlarà la implementació i la redacció de la memòria.

- **FASE FINAL**

Un cop realitzada la fase de desenvolupament, en la fase final s'acabarà de desenvolupar la memòria seguint amb el *Trello* amb fites i també s'aniran realitzant petits testos per observar les possibles complicacions que puguin sorgir i solucionar-les.

4.2. Eines de seguiment i de treball

A nivell de codi el seguiment és realitzarà mitjançant l'eina *GitHub*. *GitHub* és un sistema de control de versions que ens permetrà tenir un control dels diferents moviments que és realitzen en el codi mitjançant els *commits* (18).



Figura 7. Fotografia del logotip de GitHub. (19)

A nivell de la memòria l'eina que s'utilitzarà per emmagatzemar-la és *Google Drive* (20). *Google Drive* és una eina que permet mantenir els documents d'una forma segura i permet compartir aquells documents o carpetes amb més gent i és allí on estarà la memòria i es podrà anar fent un seguiment de les modificacions que es van realitzant.



Figura 8. Fotografia del logotip de Google Drive (21)

Amb aquestes dues eines emprades el director d'aquest treball de fi de grau podrà tenir un seguiment exhaustiu de la memòria i el codi del treball.

Per redactar la memòria utilitzarà l'eina de *Microsoft Word*. Word és una aplicació orientada al processament de textos.



Figura 9. Fotografia del logotip de Microsoft Word

Una de les eines de seguiment que ens ajudarà també a marcar fites o petits treballs en el desenvolupament, ja esmentada a altres apartats, serà el *Trello* (22). En aquesta plataforma s'aniran marcant les tasques realitzades i les que queden per realitzar.

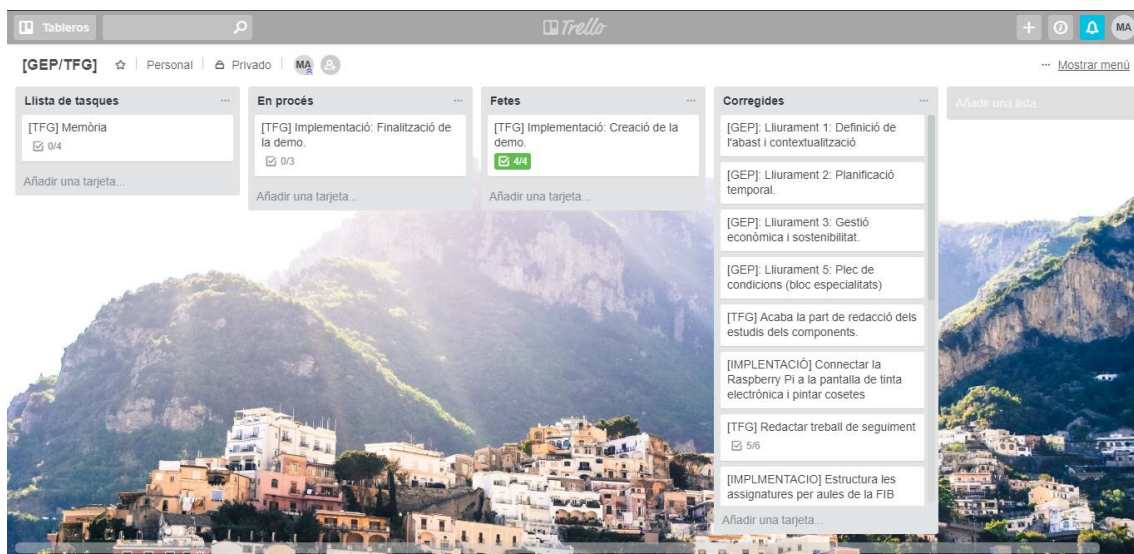


Figura 10. Fotografia d'una imatge del Trello personal que s'ha utilitzat per al TFG.

La programació del codi del microcontrolador es realitza per mitja d'una comunicació via *ssh* amb el portàtil que vulguem comunicar, en aquest cas, el de l'estudiant en qüestió que desenvolupa el treball. L'aplicació utilitzada per aquesta comunicació en el sistema operatiu Windows 10 és *MobaXterm* (23).

Aquesta aplicació permet qualsevol tipus de connexió: SSH, X11, RDP, VNC, FTP, MOSH, etc. Per poder treballar amb el codi *MobaXterm* permet usar qualsevol altra editor que hi hagi instal·lada en el nostre sistema. En aquest cas s'utilitza l'editor *SublimeText*. (24)

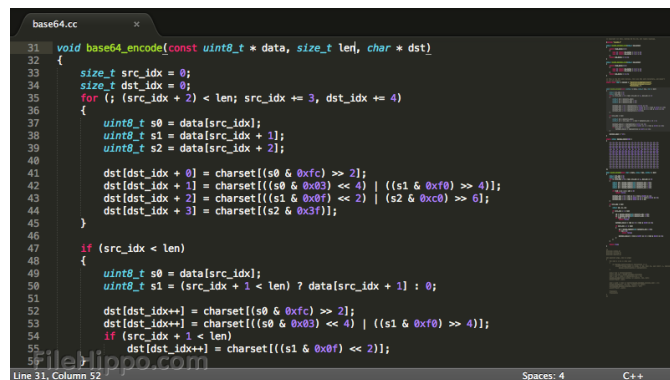
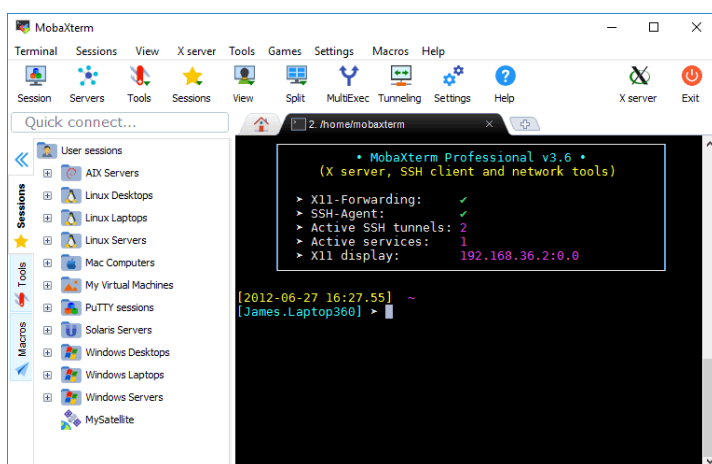


Figura 11. Mostra del programa MobaXterm (25) i SublimeText (26).

4.3.Mètode de validació

Abans de fer l'avaluació final del projecte s'aniran fent petites avaluacions parcials per veure que la implementació sigui la correcta. En cada una d'aquestes avaluacions parcials el que es mirarà serà si segueix el funcionament d'avaluació anterior i si és així avaluar la nova part.

També s'aniran fent avaluacions parcials amb el director del treball de fi de grau per veure que el projecte segueix el camí establert i si el ritme del desenvolupament és el correcte o no.

5. Descripció de les tasques i recursos

5.1. Tasques

Aquest treball de fi de grau (TFG) té una durada aproximada d'uns 5 mesos des del inici de les classes el dia 19 de febrer de 2018 fins a la presentació final, com a data màxima el dia 3 de juliol de 2018, és a dir, té la durada d'un semestre acadèmic. El treball de fi de grau consta de 18 crèdits (3 dels quals el formen el curs de gestió de projecte (GEP) i 15 el projecte pròpiament) (27). S'estima que la durada total de tota aquesta formació de GEP ha de ser d'unes 75 hores aproximadament, unes 37,5 hores s'hauran de dedicar al estudi dels materials i dels lliuraments de l'assignatura de GEP i els 37,5 hores que resten a la dedicació personal del TFG (28). Per tant, queden 15 crèdits que formaran el treball de fi de grau pròpiament dit, que representen aproximadament un total de 375 hores. Per obstacles i altres conseqüències hi ha un augment de nombre d'hores de dedicació.

- **ANÀLISIS DELS ELEMENTS QUE FORMARAN EL DISPOSITIU**

En aquesta tasca s'analitzarà cada uns dels components que conformaran el nostre dispositiu. Necessitem que la elecció sigui la correcta, per tant, s'estudiaran en detall cadascun d'ells. Aquest prototip estarà format per: una microcontrolador, una pantalla de tinta electrònica, una font d'alimentació i finalment alguna forma de connectivitat per a l'obtenció de les dades. Aquestes tasques estaran molt relacionades amb la fase inicial del projecte esmentada en l'apartat 4.1 Metodologia de treball.

a) Estudi dels microcontroladors del mercat

En aquesta subtasca es realitzarà un estudi de tots els microcontroladors que ens ofereix el mercat, en aquest cas: Raspberry Pi, Arduino i PICs. S'analitzarà per a cadascun les diferents varietats que podem trobar per cada cas, el consum energètic, la seva capacitat de memòria i el seu preu.

b) Estudi de les pantalles de tinta electrònica del mercat

Tal i com s'ha realitzat amb els microcontroladors també es realitzarà un petit estudi amb les pantalles de tinta electrònica. En aquesta tasca es tindrà especial consideració les dimensions de la pantalla, ja que volem evitar que la informació no es pugui visualitzar de manera còmoda i senzilla a causa d'unes dimensions de la pantalla massa reduïdes.

També s'estudiarà el temps que tarda la pantalla en refrescar-se i si és viable una de tres colors: vermell, negre i blanc o blanc, negre i groc, tot i que això provoqui un augment del temps que tarda en refrescar-se (29). Finalment s'analitzaran les diferents llibreries que ens ofereixen els fabricants per al desenvolupament del codi.

c) Anàlisi del sistema d'alimentació elèctrica

Igual que les altres dues tasques també es realitzarà un estudi de les diferents fonts d'alimentació que tenim al nostre abast perquè el sistema sigui subsistent per ell sol, sense necessitat de tenir cap fil connectat a ell. S'estudiarà els diferent tipus de bateries externes que hi ha actualment al mercat amb un amperatge adequat perquè el dispositiu tingui suficient vida i no sigui necessari carregar cada dia la bateria. També s'estudiarà altres formes d'energia.

d) Anàlisi de la connectivitat per a l'obtenció de dades

En aquesta tasca s'haurà d'observar les diferents opcions de connectivitat que podem tenir, en aquest cas, ens centrarem inicialment a buscar connexions sense fils i es farà un estudi de quina és la millor opció, ja que no volem que el nostre dispositiu estigui sempre anclat a un punt. Inicialment mirarem Bluetooth (30) i WiFi (31) i es cercaran altres opcions. Si finalment la solució sense fils no és la millor opció s'obstarà per un opció amb fils com podria ser la connexió d'un cable Ethernet.

• **DISSENY, IMPLEMENTACIÓ I DOCUMENTACIÓ**

Aquestes tasques estaran molt lligades amb l'apartat de 4.1 Metodologia de treball, concretament amb el desenvolupament.

a) Disseny del sistema

Un cop es tinguin tots els components es passarà a la unió d'aquests. S'haurà de connectar el microcontrolador a la pantalla de tinta electrònica. El mòdul de connectivitat al microcontrolador per a l'obtenció de les dades i finalment connectar la font d'alimentació per donar energia al tot el dispositiu.

b) Implementació

En relació amb la implementació, el que s'intentarà és a partir de la llibreria que s'obtingui, estudiar el codi i realitzar modificacions de manera que es pugui adaptar al nostre microcontrolador, a la vegada que s'intentarà també optimitzar la llibreria i fer-la més eficient per a reduir el temps de pregunta/resposta entre el microcontrolador i

la pantalla de tinta electrònica. Per altra banda, també es desenvoluparà el software per obtenir la informació necessària per pintar la pantalla, ja que sense la informació no és pot mostrar res.

c) Documentació

Durant el desenvolupament i la implementació del codi del treball s'anirà fent de forma continuada la documentació d'aquest treball de fi de grau de forma que el nivell entre implementació i documentació sigui equilibrada.

- **AVALUACIÓ**

Un cop finalitzat l'anàlisi dels elements que formaran el dispositiu, el disseny, la implementació i la documentació es farà una avaluació general, aquesta avaluació estarà relacionada amb l'apartat de 4.1 Metodologia de treball, concretament dins de la fase final. En aquesta avaluació general es centrarà més amb realitzar petits retocs sobretot a la documentació, a realitzar més millores amb la implementació per obtenir el millor resultat possible i sobretot amb el disseny i la presentació del treball de fi de grau.

5.2. Dependències entre les tasques

L'anàlisi de les dependències es farà mitjançant l'esquema que es presenta en la figura 6 a partir de les tasques i subtasques per tal d'observar les dependències entre elles.

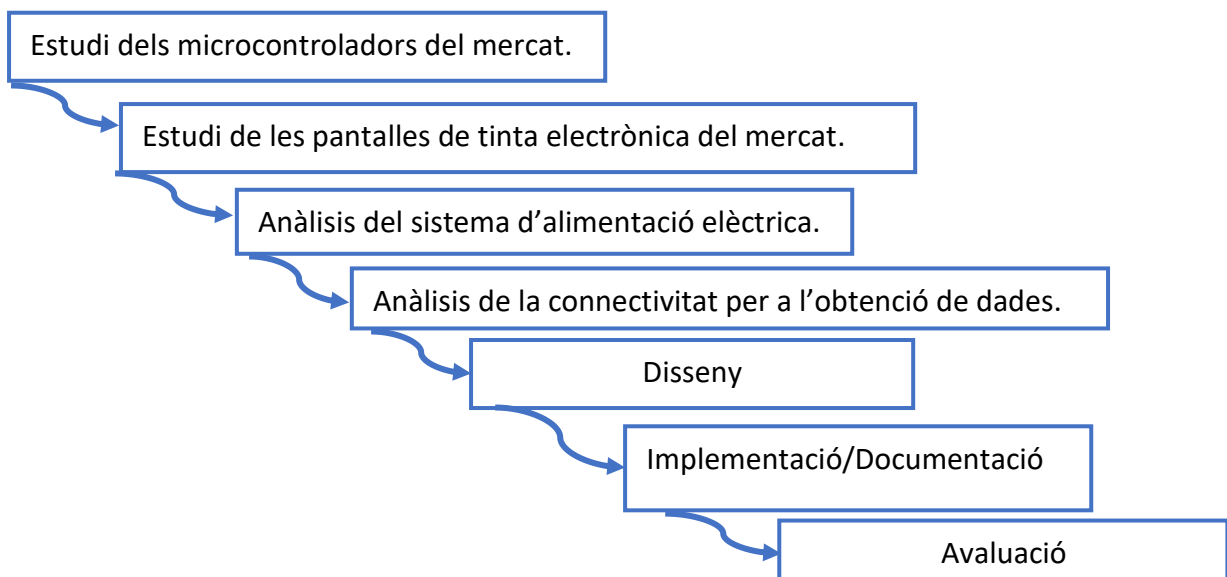


Figura 12. Dependències entre les tasques

5.3. Estimació inicial del temps de les tasques

A continuació es mostra a la taula 1 el temps de les estimacions inicials que es van realitzar inicialment en aquest treball.

Tasca	Temps per tasca (hores)
<u>Anàlisis dels elements que formaran el dispositiu</u>	<u>80 hores</u>
Subtasques	Temps per subtasca (hores)
Estudi dels microcontroladors del mercat	20 hores
Estudi de les pantalles de tinta electrònica del mercat.	20 hores
Anàlisis del sistema d'alimentació elèctrica.	20 hores
Anàlisis de la connectivitat per a l'obtenció de dades.	20 hores
<u>Disseny, implementació i documentació</u>	<u>245 hores</u>
Disseny	25 hores
Implementació	100 hores
Documentació	120 hores
<u>Avaluació</u>	<u>50 hores</u>
Total	375 hores

Taula 1. Taula d'estimacions de temps de las tasques i subtasques de la fita inicial.

5.4. Desviacions sobre la planificació inicial del temps

Com qualsevol altre projecte, aquest TFG també és susceptible de patir obstacles i imprevistos a l'hora de dur a terme els objectius proposats. A continuació, s'exposen els motius de les conseqüències que han provocat una desviació temporal de les tasques del projecte:

- La dificultat del estudi dels microcontrolador i l'elecció correcta d'aquest.

Escollir el component correcte ha estat una feina molt costosa, ja que s'ha tingut en compte molts paràmetres que inicialment no sabien tingut en compte, com per exemple, problemes amb la memòria, connectivitat del component, preu, consum energètic i finalment dificultats d'implementació o comunicació tant per obtenir les dades com per comunicació amb la pantalla.

- Les diferents formes d'obtenir les dades

Aquest apartat també ha comportat un llarg estudi. Inicialment es va pensar en crear una aplicació *Android* amb totes les dades no reals i enviar-les per via Bluetooth. Aquesta idea requereix que una persona vagi amb el seu telèfon i s'aproximi al aparell per que actualitzi la informació, tal i com ja s'ha dit anteriorment en aquest treball, volem que a nivell de dades sigui autònom, és a dir, que no depengui de cap persona i per tant aquesta idea es va descartar. També es va pensar en crear una base de dades utilitzant *Firebase* (32), però no era prou realista per al nostre treball de fi de grau, ja que les dades que s'haurien de mostrar serien no reals. Finalment, es va optar amb la utilització de la API del Racó creada per alumnes de la Facultat d'informàtica de Barcelona (FIB). En aquesta API es mostren l'horari de les assignatures amb les seves aules associades.

- Problemes amb la API.

L'API que ens ofereix la FIB obté les dades en format JSON, .txt, i .ics. Primer es va provar el format .ics, ja que era la forma més fàcil per obtenir la informació de les aules de la FIB. Desgraciadament, la compatibilitat amb el fitxer .ics en segons quin llenguatge i microcontrolador que s'estigui utilitzant es molt limitada i per tat no permetia assolir els nostres objectius, motiu pel qual s'ha optat per utilitzar les crides que ho retornen en format JSON i .txt. Aquest fet provoca que hi hagi més crides a la API i per tant un augment del temps en l'obtenció de les dades.

- La comunicació ordinador-microcontrolador.

La comunicació per poder programar el microcontrolador ha estat un punt difícil. La primera idea que es va tenir és la connectivitat fos via port sèrie, però a l'hora de connectar amb el sistema operatiu Windows no ho reconeixes com a tal i finalment després de varies modificacions es va descartar l'opció.

La segona idea que es va tenir va ser connectar-ho per *acces point*. *Acces point* o WAP o AP és una forma d'interconnectar equips de comunicació sense fils per mitjà d'una xarxa sense fils (33), però va resultar que quan es connectava com *acces point* el microcontrolador perdia la connectivitat WiFi i no es podien provar els codis amb les crides de la API corresponent. Al final es va decidir optar per realitzar una comunicació via *ssh*.

- Problemes amb l'eduroam.

L'eduroam és una xarxa d'àmbit mundial dedicada principalment a les persones itinerants que es desplacen per centres educatius i necessiten accedir a internet (34). El nou sistema de connectivitat de l'eduroam no permet connectar el microcontrolador a la xarxa i per tant aquesta no té connectivitat a internet per realitzar les peticions que se li volen fer des de la API. Es va optar per buscar una solució però aquesta solució no ha estat molt eficaç i funciona en molts pocs casos.

- Problemes de comunicació microcontrolador-pantalla.

El microcontrolador elegit no porta incorporat els pins directament i s'ha optat per un adaptador mascle que fes aquesta funcionalitat. Després de diverses proves s'ha arribat a la conclusió de que tot i que tenim aquest connector no passar la corrent necessària perquè es pugui realitzar la comunicació i per tant es va tenir que soldar el pins al microcontrolador.

5.5. Estimació final del temps de les tasques.

En la següent taula 2 es representa el temps total final de les tasques d'aquest treball. En total unes 375 hores que s'han dedicat en cada una de les tasques i de les subtasques explicades en la secció 5 Descripció de les tasques i recursos

Tasca	Tasca (hores)
<u>Anàlisis dels elements que formaran el dispositiu</u>	<u>104 hores</u>
Subtasques	Subtasca (hores)
Estudi dels microcontroladors del mercat	60 hores
Estudi de les pantalles de tinta electrònica del mercat.	4 hores
Anàlisis del sistema d'alimentació elèctrica.	4 hores
Anàlisis de la connectivitat per a l'obtenció de dades.	40 hores
<u>Disseny, implementació i documentació</u>	<u>275 hores</u>
Disseny	25 hores
Implementació	200 hores
Documentació	50 hores
<u>Avaluació</u>	<u>50 hores</u>
Total	429 hores

Taula 2. Taula d'estimacions de temps de les tasques i subtasques de la fita final.

5.5.1. Diagrama de Gantt final

En el diagrama de Gantt (35) es veuen representades les tasques i les subtasques d'aquest projecte com les dependències que precedeixen una amb l'altra i el temps que tindran de durada (Figura 7).

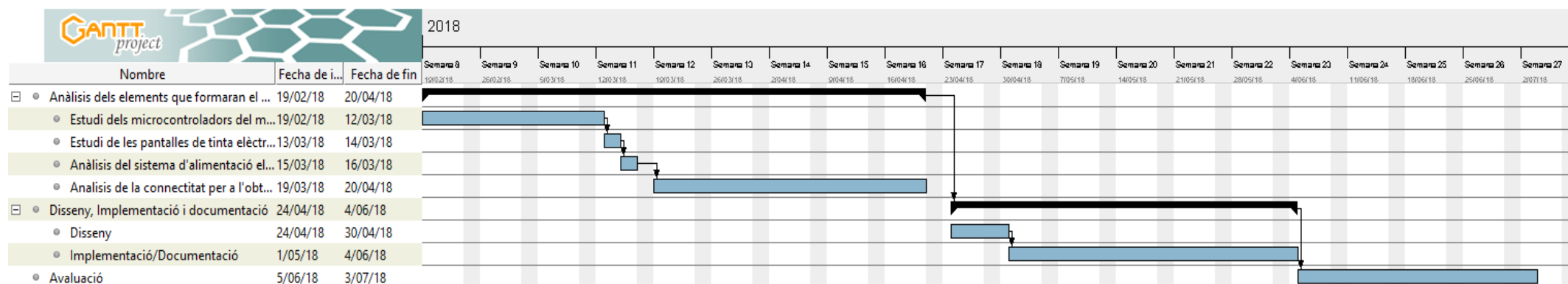


Figura 13. Diagrama de Gantt final

5.6. Valoració d'alternatives i pla d'acció

Durant la realització d'aquest treball el nombre d'hores ha anat variant, en algunes tasques el nombre d'hores s'ha vist augmentat i en altres el nombre s'ha vist disminuït. El problema que ha sorgit en l'augment de les hores s'ha produït com a conseqüència del estudi dels components i del desenvolupament de la implementació en si, ja que per algun motiu els resultats no eren els esperats i per tant necessitem modificacions que han provocat aquestes variacions de temps respecte de la fita inicial presentada. Tot i que el nombre d'hores s'ha vist augmentat, no ha provocat que el treball no s'entregui en la seva data prevista, ja que amb petits ajustos al horari del desenvolupador, que ja es contemplava com un possible pla d'acció i alternatives com a conseqüència del increment d'hores, s'ha pogut acotar en el temps presentat inicialment de 5 mesos tal i com es descriu un semestre acadèmic.

També des de la Facultat d'Informàtica de Barcelona ha sorgit el problema d'augmentar les dates de les presentacions d'aquest treball una setmana més fins al 3 de juliol, per tant, el desenvolupador/estudiant té una setmana més de la qual no es contemplava per finalització del present treball.

6. Anàlisi dels components que formen el disseny

6.1. Pantalles de tinta electrònica

- **ANÀLISIS DEL LES PANTALLES DE TINTA ELECTRÒNICA DEL MERCAT**

L'any 2002 va aparèixer la tinta electrònica, que com ja s'ha mencionat anteriorment, és una tecnologia de tinta electrònica que mostra el contingut en blanc i negre que no compta amb retroil·luminació i que per tant no cansa tant a la vista i el material és més flexible que el de les pantalles convencionals. Altres avantatges d'aquesta tecnologia, més des d'un punt de vista tècnic, són el baix consum energètic i la possibilitat de crear pantalles primes i lleugeres (15).

Dins de les pantalles de tinta electrònica tenim dos tipus de tecnologies que s'utilitzen per aquests dispositius i que estan actualment al mercat. Cadascuna d'aquestes tecnologies representa una empresa que les fabrica. A la taula 3 es poden observar les característiques i funcionament.

Tecnologies	Característiques	Funcionament
Xerox (36)	Ús d'esferes amb càrrega positiva i negativa.	La part negativa presenta el color blanc i la part positiva representa el color negre i segons l'impuls elèctric que es produeix és mostrarà la superfície d'un color o d'un altre.
E-Ink (36)	Partícules de titani de color blanc i negres.	El dispositiu és l'encarregat de fer mostrar les partícules negres, les blanques o solament la meitat d'aquestes si no és necessari mostrar-les totes.

Taula 3. Taula comparativa de tecnologies de tinta electrònica.

- **ELECCIÓ**

L'elecció ha estat bastant fàcil, s'ha optat per les pantalles de tecnologia tipus E-ink ja que el fabricant ens assegura es poden utilitzar amb qualsevol tipus de microcontrolador. Per altra banda s'ha observat que aquesta tecnologia es una de les que està actualment més desenvolupada i és la que utilitzen molt més dispositius.

Un cop triat el tipus de tecnologia ha utilitzar s'ha tingut en compte: la mida i la quantitat de colors que volíem mostrar. La marca que s'ha agafat i que ens assegurava la connexió

correcta és Waveshare. En aquest cas, Waveshare ens ofereix una sèrie de mides en polsades: 1.54, 2.13, 2.7, 2.9, 4.2, 4.3, 5.83 i 7.5. Per cada una de les mides la informació es pot mostrar mitjançant diferents colors: amb blanc i negre, amb blanc, negre i vermell i finalment amb blanc, negre i groc. Per al prototip s'ha elegit la màxima dimensió (7,5 polsades). Aquesta dimensió no és molt elevada respecte una pantalla convencional d'una tablet però és la única que ens ofereix disponible el mercat actual. Tot i que l'augment de visualització de més dos colors augmenta el temps de *refresh* de la pantalla s'ha optat igualment per la elecció de la pantalla de tres colors: blanc, negre i vermell, ja que es vol presentar el màxim ventall possible d'aquest tipus de pantalles.

6.2. Microcontroladors

- **ANÀLISIS DELS MICROCONTROLADORS DEL MERCAT**

En el cas dels microcontroladors els dispositius que s'adeqüen correctament al projecte que és vol dur a terme són els següent:

Microcontroladors	Característiques	Consum a baix rendiment(W)	Preu mitjà (€)
Raspberry Pi (37)	Incorpora un sistema operatiu (SO) i té capacitat d'adaptar-se i interactuar amb el món exterior sense necessitat d'utilitzar el SO.	0.5W – 1W	33.78€
PIC (38)	Baix cost, amplia disponibilitat i permet realitzar forces series de programació i reprogramació gracies a la seva memòria flash (39). No conté sistema operatiu.	$1.35 \times 10^{-9} \text{W}$ - $2 \times 10^{-9} \text{W}$	2€-200€
Arduino (40)	Plataforma de codi obert, de programació fàcil i més accessible a la creació de	0.23W	20€-30€

	circuits electrònics i no conté sistema operatiu. (41)		
--	--	--	--

Taula 4. Taula comparativa de microcontroladors.

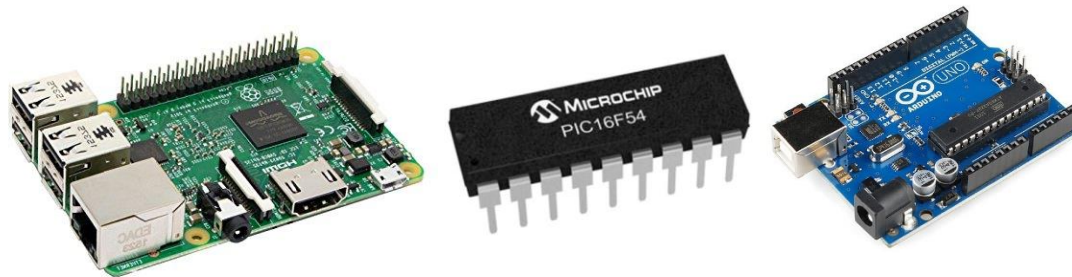


Figura 14. Fotografia d'una Raspberry Pi (42), un PIC (43) i un Arduino (44).

- **ELECCIÓ**

Per la elecció del millor microcontrolador que s'adapti correctament a les condicions per al nostre prototip s'ha tingut en compte els següents punts: el preu i, especialment, la memòria. La memòria serà un punt important a tenir en compte alhora de realitzar aquesta elecció, perquè la quantitat de dades que s'han de gestionar són de gran quantitat. Un cop feta aquesta tria del subconjunt de microcontroladors a partir dels punts anteriors s'elegirà el que tingui menor ús de consum elèctric.

La principal necessitat del controlador és que tingui algun tipus de connectivitat ja sigui via Bluetooth o via WI-FI. Tal i com s'ha explicat anteriorment es descarta la opció de que la connectivitat sigui per mitjà de cap cable, és a dir, de tipus *Ethernet*. Per tant com a primera opció s'ha descartat els PIC, ja que majoritàriament aquest no tenen cap tipus de connectivitat associada i els que la tenen, tenen un preu molt elevat i no ens interessa, ja que per un preu inferior podem tenir un altre microcontrolador que ens faci la mateix funcionalitat.

Per altra banda també s'ha tingut en compte que encara que no portés incorporat cap tipus de connectivitat afegir-la amb altres mòduls, però per viabilitat econòmic s'ha decidit que no. Un altre inconvenient és la memòria, ja que aquests dispositius disposen de una memòria limitada i per tant no ens interessa per al nostre dispositiu. Per tant, la decisió final recau entre l'Arduino i la Raspberry PI.

L'altre problema que sorgeix en aquesta elecció, es que necessitem un microcontrolador amb una capacitat de memòria ampla per gestiona l'obtenció de les dades i sobretot el més important, de poder-les enviar correctament a la pantalla de tinta electrònica sense perdre cap caràcter. Per tant, es compara la memòria RAM de cada un dels dos. En el primer cas, l'Arduino, la memòria RAM d'aquest és de 514KB, la quantitat de dades que s'han de mostrar és superior aquest nombre de KB, ja que la imatge que es fabrica per mostrar-la la informació a la pantalla de tinta electrònica és superior aquest valor. Per altra banda, la capacitat de memòria RAM de la Raspberry PI varia entre 512MB i 2GB en funció del model que s'elegeix. Aquesta capacitat ens permet treballar més fàcilment en les dades.

Finalment el microcontrolador elegit és la Raspberry Pi. El fabricant d'aquest té diferents models, cadascun d'aquest models és el predecessor de la millora anterior. Per tant, per cada un dels models és comparar amb la seva versió millorada. A continuació es mostren les taules comparatives.

Raspberry Pi 1 model A+ (45)	Raspberry Pi 1 model B+ (46)
Característiques compartides	
<ul style="list-style-type: none"> - 1GB RAM - HDMI - 4 USB ports - 40 Pins GPIO - Port Camara CSI - Port Ethernet 	<ul style="list-style-type: none"> - Port de visualització DSI - Sortida d'àudio i vídeo - Port Micro SD per carregar el sistema operatiu. - Potència d'entrada 5V/2,5A DC
Diferències	
<ul style="list-style-type: none"> - Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU - BCM43438 WIFI and Bluetooth (BLE) - 	<ul style="list-style-type: none"> - A 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU - 1GB RAM

Taula 5. Taula comparativa entre Raspberry Pi 1 model A+ i model B+

Raspberry Pi 1 model B+ (46)	Raspberry Pi 2 model B (47)
Característiques compartides	
<ul style="list-style-type: none"> - 1GB RAM - HDMI - 4 USB ports - 40 Pins GPIO - Port Camara CSI - Port Ethernet 	<ul style="list-style-type: none"> - Port de visualització DSI - Sortida d'àudio i vídeo - Port Micro SD per carregar el sistema operatiu. - Potència d'entrada 5V/2,5A DC
Diferències	

<ul style="list-style-type: none"> - Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU - BCM43438 WIFI and Bluetooth (BLE) - 	<ul style="list-style-type: none"> - A 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU - 1GB RAM
---	---

Taula 6. Taula comparativa entre Raspberry Pi 2 model B i Raspberry Pi 1 model B+.

Raspberry Pi 3 model B (48)	Raspberry Pi 3 model B+ (49)
Característiques compartides	
<ul style="list-style-type: none"> - 1GB RAM - HDMI - 4 USB 2.0 ports - 40 Pins GPIO - Port Camara CSI 	<ul style="list-style-type: none"> - Port de visualització DSI - Sortida d'àudio i vídeo - Port Micro SD per carregar el sistema operatiu. - Potència d'entrada 5V/2,5A DC
Diferències	
<ul style="list-style-type: none"> - Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU - BCM43438 WIFI and Bluetooth (BLE) - Port Ethernet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz - 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac WIFI, Bluetooth 4.2, BLE - Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (màxim throughput 300 Mbps)

Taula 7. Taula comparativa entre Raspberry Pi 3 model B i model B+.

Per tal de celebrar els 5 anys de l'aparició de la primera Raspberry Pi, l'empresa va voler treure al mercat un microcontrolador més petit, menys potent, de menys consum energètic i de menor cost econòmic que els models que tenia actualment al mercat. Aquesta gama de Raspberry Pi són les Raspberry Pi Zero. En l'actualitat l'empresa te dos tipus de Raspberry Pi Zero. En la següent taula comparativa mostrem els dos microcontroladors.

Raspberry Pi Zero (50)	Raspberry Pi Zero W (51)
Característiques compartides	
<ul style="list-style-type: none"> - 1GHz, single-core CPU - 512MB RAM - Mini HDMI i USB-OTG - Micro USB alimentació 	<ul style="list-style-type: none"> - HAT-compatible amb 40-Pins - CSI connector per a càmera - Vídeo i restabliment
Diferències	
	<ul style="list-style-type: none"> - 802.11 b/g/n wireless LAN - Bluetooth 4.1 - Bluetooth Low Energy (BLE)

Taula 8. Taula comparativa entre Raspberry Pi Zero i Raspberry Pi Zero W

Després de comparar tots els models i estudiar-los finalment s'ha decidit per una Raspberry Pi Zero W, ja no necessitem més potència pel tractament de dades que em de realitzar i consumeix menys energia que qualsevol altre model presentat anteriorment. S'ha elegit la Raspberry Pi Zero W respecte de la Raspberry Pi Zero ja que aquesta conté WiFi i connectivitat Bluetooth i per tant no és necessari afegir cap mòdul extern per obtenir-la.



Figura 15. Fotografia d'una Raspberry Pi Zero W (52)

6.3. Connectivitat

- **ANÀLISIS DELS DIFERENTS TIPUS DE CONNECTIVITAT DEL MERCAT**

Els dos tipus de connectivitat que podem trobar al mercat i que incorpora el nostre microcontrolador elegit és el WiFi i el Bluetooth. El producte escollit és la Raspberry Pi Zero W que incorpora WiFi i Bluetooth, per tant ens permet treballar amb les dues o triar una de les dues. Per altra banda, no serà necessari comprar cap mòdul extern per poder tenir aquest tipus de connectivitat i com a conseqüència es redueix el pressupost de la compra dels materials.

- **ELECCIÓ**

Per la elecció s'ha tingut en compte de quina millor forma es podien obtenir les dades i que aquestes dades foren el més realistes possibles, per tant, s'ha optat per elegir la API del Racó que ha estat implementada per alumnes de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB). Aquesta API ens ofereix qualsevol tipus d'informació relacionada amb l'horari de les assignatures i de les corresponents aules del Grau en Enginyeria

Informàtica de la Facultat. Per tant la connectivitat utilitzada serà solament serà la WIFI i es deixarà totalment de banda el Bluetooth.

6.4. Energia

- **ANÀLISIS DELS DIFERENTS MECANISMES D'OBTENCIÓ D'ENERGIA**

El prototip que es presenta com qualsevol dispositiu elèctric necessita electricitat per al funcionament, per tant, es necessari tenir qualsevol tipus de font d'alimentació que ens aporti energia. Tal i com ja s'ha explicat anteriorment en aquest treball de fi de grau volem que sigui autònom, és a dir, no depengui de cap cable ni que hagi d'estar anclat a una paret per sempre. Si el connectem directament a la línia elèctrica per mitja d'un endolla, significa que ha d'estar en un punt, cosa que no volen, per tant s'han pensat amb la idea del mitjà que utilitzen molts dels aparells perquè siguin portàtils, la utilització d'una bateria externa. El mercat en ofereix bateries externes de 30000mAh aproximadament que ens permetrà mantenir el prototip de forma portàtil durant dos o tres dies com a màxim. Actualment el mercat ens ofereix bateries externs amb plaques solars, tot i que asseguren que per carregar la bateria aquestes són molt lentes i que si volem que la bateria es carregui més ràpidament ho hem de fer per mitjà de la convencional com qualsevol bateria externa que hi ha al mercat.

- **ELECCIÓ**

Per la elecció de la bateria externa s'ha pensat amb el compromís social i sostenibilitat que es presenta en aquest treball de fi de grau, per tant, la elecció de la bateria externa ha estat amb una que incorpora una placa solar tot i que això comporti que la carrega sigui lenta. D'aquesta manera realitzarem un ús menor del sistema elèctric i més dels recursos renovables.

7. Gestió econòmica

7.1. Recursos

A continuació es presenten els recursos humans, hardware i de software que s'han utilitzat per al desenvolupament d'aquest projecte.

Recursos humans

Desenvolupador	Persona encarregada per els estudis, disseny implementació i documentació del document.
Director	Persona encarregada de supervisar el treball de fi de grau.

Taula 9. Recursos humans

Recursos hardware

Microcontrolador	Raspberry Pi zero W
Pantalla de tinta electrònica	Pantalla de tinta electrònic de Waveshare de tres colors: negre, blanc i vermell
Font d'alimentació	Bateria externa amb placa solar
Ordinador	SonyVaio, IntelCore i5
Cables	Cable de HDMI a VGA

Taula 10. Recursos hardware

Recursos software

Documentació	Google Drive, Microsoft Word, Trello
Implementació	Git, MobaExtrem i Trello
Sistema operatiu	Windows 10

Taula 11. Recursos software.

7.2. Identificació dels costos i estimació de costos

Per tal d'identificar clarament els costos, s'ha de tenir en compte quins d'aquests són costos directes, indirectes, l'amortització i les contingències que puguin sorgir a petits imprevistos. Els costos directes més directes que poden aparèixer en aquest treball de fi de grau són la compra dels materials: la font d'alimentació, el microcontrolador, la pantalla de tinta electrònica. Altres costos directes vindran relacionats per les tasques i

subtasques descrites en el diagrama de Gantt que es troba en l'apartat 5.5.1 Diagrama de Gantt final. Els costos indirectes seran els que estaran relacionats de forma indirecta amb el projecte i seran centrats a recursos software, com també l'ús del consum d'electricitat que es farà d'aquest. S'espera que els costos directes i indirectes no siguin molt elevats i que siguin fàcils de resoldre per tant que hi hagi una amortització d'aquest.

- COSTOS DIRECTES**

A continuació es detallen els diferents costos directes i indirectes i relacionats amb els recursos que s'utilitzaran en aquest treball de fi de grau. A nivell de costos directes tenim els recursos humans, de hardware i software.

Recursos humans	Hores	Cost hora (€)	Salari (€)
Director	80	25	2.000
Desenvolupador	375	8	3.000
Total	455	37	5.000

Taula 12. Taula de costos de recursos humans

Recursos hardware	Unitats	Vida útil (anys)	Mesos d'ús	Amortització(€/mesos)	Preu
Raspberry Pi Zero W Kit	1	5	5	2,90	34,90 € (53)
Tres colors: negre, blanc i vermell.	1	5	5	4,50	53.99 € (54)
Bateria externa amb placa solar.	1	5	5	2,4	29,99 € (55)
Cable de HDMI a VGA	1	5	5	0,75	8,99€ (56)
SonyVaio, Intel core i5	1	5	5	64,91	779,90€

	Total	75,46	907, 77€
--	--------------	--------------	-----------------

Taula 13. Taula de costos dels recursos hardware

Recursos software	Vida útil	Mesos d'ús	Amortització (€/mesos)	Preu
Google Drive	-	5	-	0 €
Git	-	5	-	0 €
Trello	-	5	-	0 €
Editor	-	5	-	0 €
Microsoft office 365 Personal	1	5	28,75	69 € (57)
MobaXtrem	-	5	-	0€
Windows 10 Home	6	5	10	145 € (58)
		Total	38,75	214€

Taula 14. Taula de costos de recursos software

- COSTOS INDIRECTES**

En aquest apartat es mostraran els costos indirectes per a la realització d'aquest treball.

Costos indirectes	Unitats	Preu	Total
Electricitat	600kW	0,15€/kW	90 €
Material d'oficina	-	-	50 €
Targeta metro TJove	1	100€	100 €
		Total	240 €

Taula 15. Taula de costos indirectes

- TOTAL DELS COSTOS DIRECTES A PARTIR DEL DIAGRAMA DE GANTT.**

	Unitats	Vida útil	Mesos d'ús	Amortització(€/mesos)	Preu(€)
Costos directes					
Anàlisis dels elements que formaran el dispositiu					
Estudi dels microcontroladors				106,56	1.188,8 €
Raspberry Pi Zero W	1	5 anys	5 mesos	2,90	34,90 €
SonyVaio, Intel core i5	1	5 anys	5 mesos	64,91	779,90€
Google Drive	1	-	5 mesos	-	0 €
Microsoft office 365 Personal	1	1 anys	5 mesos	28,75	69 €
Windows 10 Home	1	6 anys	5 mesos	10	145 €
Hores estudi	-	-	-	-	160 €
Estudi de les pantalles de tinta electrònica del mercat				108,16	1.207,89€
Tres colors: negre, blanc i vermell.	1	5 anys	5 mesos	4,50	53,99€
SonyVaio, Intel core i5	1	5 anys	5 mesos	64,91	779,90€
Google Drive	1	-	5 mesos	-	0 €
Microsoft office 365 Personal	1	1 anys	5 mesos	28,75	69 €
Windows 10 Home	1	6 anys	5 mesos	10	145 €
Hores estudi	-	-	-	-	160 €
Anàlisis del sistema d'alimentació elèctrica.				106,06	1.183,89 €
Bateria externa amb placa solar.	1	5 anys	5 mesos	2,4	29,99
SonyVaio, Intel core i5	1	5 anys	5 mesos	64,91	779,90€
Google Drive	1	-	5 mesos	-	0 €

Microsoft office 365 Personal	1	1 anys	5 mesos	28,75	69 €
Windows 10 Home	1	6 anys	5 mesos	10	145 €
Hores estudi	-	-	-	-	160 €
Disseny, implementació, documentació				104,41	2.962,89€
Disseny	1	-	-	-	200 €
Implementació	1	-	-	-	800 €
Documentació	1	-	-	-	960 €
Google Drive	1	-	5 mesos	-	0 €
Microsoft office 365 Personal	1	1 anys	5 mesos	28,75	69 €
Windows 10 Home	1	6 anys	5 mesos	10	145 €
Trello	1	-	5 mesos	-	0 €
Git	1	-	5 mesos	-	0 €
Cable de HDMI a VGA	1	5 anys	5 mesos	0,75	8,99€
SonyVaio, Intel core i5	1	5 anys	5 mesos	64,91	779,90€
Avaluació				103,66	1.393,9 €
Avaluació	0	-	-	-	400 €
Google Drive	1	-	5 mesos	-	0 €
Microsoft office 365 Personal	1	1 anys	5 mesos	28,75	69 €
Windows 10 Home	1	6 anys	5 mesos	10	145 €
Trello	1	-	5 mesos	-	0 €
Git	1	-	5 mesos	-	0 €
SonyVaio, Intel core i5	1	5 anys	5 mesos	64,91	779,90€
Total				528,85	7.937,07€

Taula 16. Taula de costos directes relacions amb el diagrama de Gantt

A la taula 16 es mostren tots els costos directes relacionats a partir de les tasques representades en el diagrama de Gantt.

Finalment en la següent taula 17 es mostra el total dels costos indirectes i directes.

Costos directes	7.937,07€
Costos indirectes	240 €
Total	8.177,07€

Taula 17. Taula total de costos

7.3.Control de gestió

En aquest apartat s'explicaran els mecanismes per al control de les desviacions. Per un control més existiu s'han plantejat desviacions possibles ja que com que el projecte es de caire informàtic aquest moltes vegades tenen tendència a que les tasques planificades es retardin. És per això que mitjançant la planificació establerta i les reunions continuades amb el director, per una banda s'asseguri la finalització del projecte a temps i per altra, usant indicadors de desviació en la eficiència, calcular les possibles desviacions en els pressupostos. Per a les possibles desviacions en eficiència efectuarem el següent càlcul:

$$(\text{temps esperat} - \text{temps destinat}) \times \text{cost real}$$

Finalment per a una obtenció més general de l'efecte de les desviacions en el projecte usarem indicadors de desviacions totals per a diferents conceptes:

$$\text{Desviacions totals de les tasques} = (\text{cost inicial tasca} - \text{cost final tasca})$$

$$\text{Desviacions totals del projecte} = (\text{pressupost inicial projecte} - \text{pressupost final projecte})$$

7.3. Desviacions dels pressupostos

En aquest apartat es plantegen les desviacions del pressupost que han sorgit com a conseqüència dels obstacles esmentats en l'apartat 5.4 Desviacions sobre la planificació inicial que han anat apareixen alhora de complir amb els objectius del treball i que han provocat una modificació del temps en la realització de les tasques. A continuació a la taula 18 es presenta en la columna de fita inicial les hores presentades en la planificació inicial i en la fita final les hores que han acabat succeint per cada una de les tasques i subtasques que s'han desenvolupament en aquest treball. La columna preu inicial i preu

final representa el preu total de les hores desenvolupades en cada tasca. També comentar que solament s'han vist modificades el temps de planificació del recursos humans concretament desenvolupador i que en cap moment hi ha una variació del temps del director, per tant, aquest no afecta amb el pressupostos inicials.

	Fita Inicial	Preu inicial	Fita final	Preu final
Tasca	Tasca (hores)	Preu tasca(€)	Tasca (hores)	Preu tasca (€)
<u>Anàlisis dels components</u>	<u>80 hores</u>	<u>640 €</u>	<u>104 hores</u>	<u>832 €</u>
Subtasques	Subtasca (hores)	Preu subtasca(€)	Subtasca (hores)	Preu subtasca(€)
Estudi microcontroladors	20 hores	160 €	60 hores	480€
Estudi pantalles de tinta electrònica.	20 hores	160 €	4 hores	32€
Anàlisis font d'alimentació elèctrica.	20 hores	160 €	4 hores	32€
Anàlisis l'obtenció de dades.	20 hores	160 €	40 hores	320€
<u>Disseny, implementació i documentació</u>	<u>245 hores</u>	<u>1.960 €</u>	<u>275 hores</u>	<u>2.200€</u>
Disseny	25 hores	200 €	25 hores	200€
Implementació	100 hores	800€	200 hores	1600€
Documentació	120 hores	960 €	50 hores	400€
<u>Avaluació</u>	<u>50 hores</u>	<u>400 €</u>	<u>50 hores</u>	<u>400€</u>
Total	375 hores	3.000€	429 hores	3.432€

Taula 18. Taula de desviacions.

Com es pot observar i s'ha dit anteriorment el nombre d'hores es més alt i com a conseqüència el cost és més elevat. Si els costos indirectes són de 240 € i els costos directes són un total de 8.369,07€, el cost total d'aquest projecte és de **8.609,07€**, per tant, tenim una desviació del pressupostos totals del projecte d'uns 432 €

8. Sostenibilitat i compromís social

8.1. Matriu de sostenibilitat

	PPP	Vida útil	Risc
Ambiental	<i>Consum del disseny</i>	<i>Petjada ecològica</i>	<i>Risc ambientals</i>
	5 : 10	18 : 20	-20 :
Econòmic	<i>Factura</i>	<i>Pla de viabilitat</i>	<i>Risc econòmic</i>
	8 : 10	2 : 20	-20 : 0
Social	<i>Impacte personal</i>	<i>Impacte social</i>	<i>Risc social</i>
	9 : 10	17 : 20	-20 : 0
Rang sostenibilitat	22 : 30	37 : 60	0: -60
	59 : 90		

Taula 19. Matriu de sostenibilitat.

8.2. Dimensió econòmica

El que s'ha de tenir molt en compte perquè la dimensió econòmica d'aquest treball es que els estudis de cadascun dels components que formen part del prototip han de ser molts correctes per tal de que la elecció sigui l'adequada, d'aquesta manera ens assegurem que els costos siguin el menors possibles, per aquest motiu es posa tant d'èmfasi amb l'estudi. En l'actualitat no s'ha realitzat cap estudi de cap dels elements, simplement s'elegeix una tablet i aquella realitza totes les funcionalitats que nosaltres volem que faci el nostre prototip. L'únic cost que apareix en el dos casos és el cost del component (la tablet) i el programador, ja que algú ha de desenvolupar el software per tal d'obtenir les dades i de mostrar la informació. Per tant, les hores de dedicació d'estudi no és veuen contemplades en el cas de la tablet, però en aquest projecte sí. No redueix els costos directes però si que redueix els costos indirectes d'una forma bastant important ja que al consumí menys energia per mantenir el dispositiu, el preu d'aquest, també es menor i comportarà més beneficis.

8.3. Dimensió Ambiental

La creació d'aquest projecte pot comportar un impacte ambiental, ja sigui amb la fabricació de les pantalles de tinta electrònica, el microcontrolador, els aparells de connectivitat i el subministrament elèctric com a realització en si, perquè en el moment del desenvolupament molts seran els aparells que s'utilitzaran durant aquest procés i

,per tant, provocarà un consum elèctric. Tampoc serà possible minimitzar l'impacte ambiental amb la reutilització de recursos, ja que actualment no és te cap dels elements, per tant, és necessari obtenir-los tots de nou.

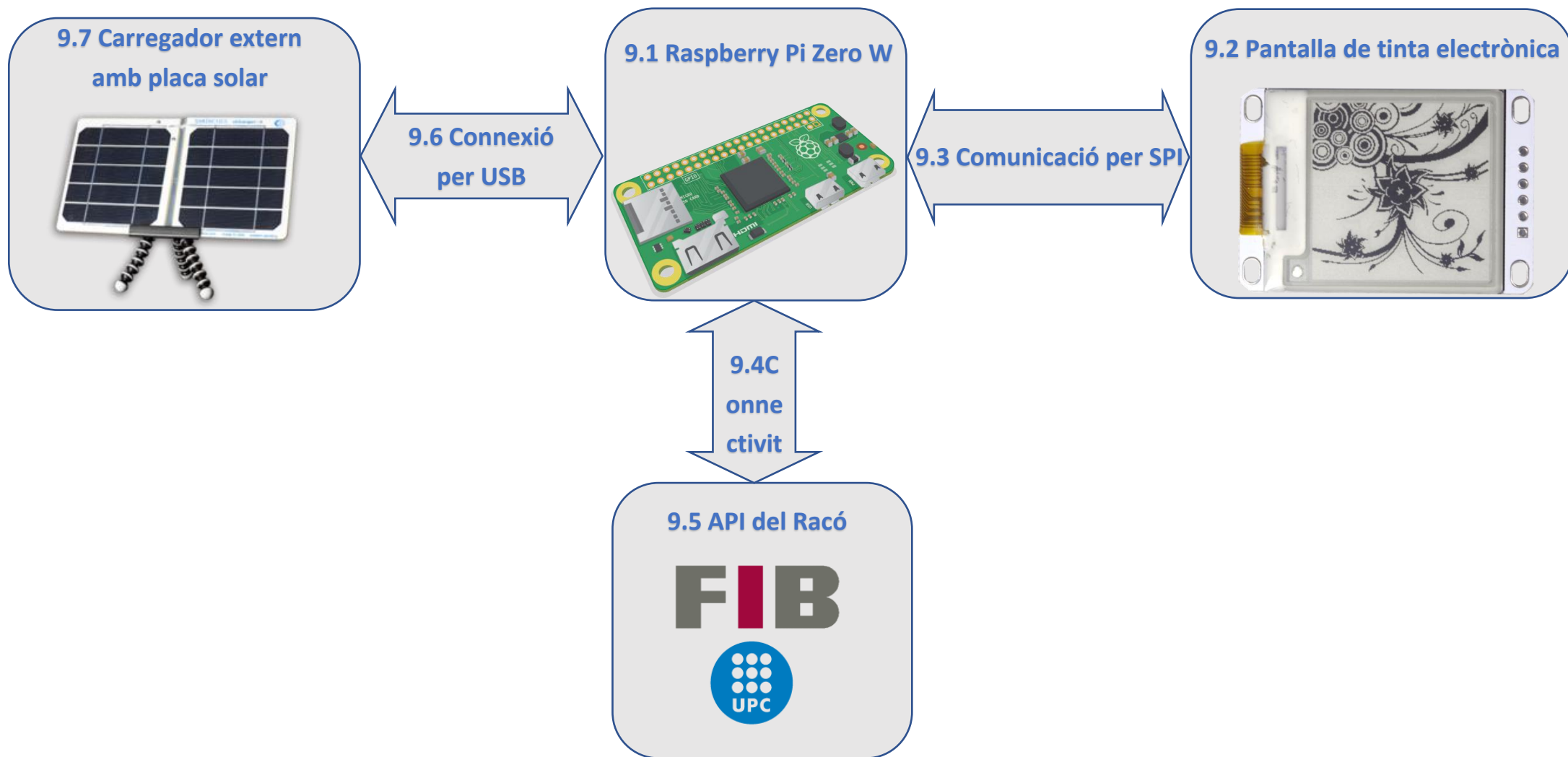
Com ja s'ha dit en la secció anterior de la dimensió econòmica, moltes són les tablettes que s'usen per aquest tipus d'ús, és a dir, com a panell informatiu. Un altre objecte és el paper, també molt utilitzat. En el present projecte el que es pretenen és reduir el consum energètic que puguin produir el consum d'energia de les tablettes i sobretot, minimitzar al màxim el consum de paper i de tinta, per tal de contribuir de la millor forma possible al medi ambient i reduir el canvi climàtic.

8.4. Dimensió Social

A nivell personal aquest treball m'aportarà ampliar els meus coneixements a nivell de microcontroladors i sobretot a desenvolupar un software per poder enviar les dades i que aquestes es pugui rebre d'alguna forma al microcontrolador i també el software que enviarà les dades d'aquest a la pantalla de tinta electrònica i conèixer d'alguna forma les noves tecnologies de pantalles de tinta electrònica, com també, utilitzar-les.

Tal i com s'ha explicat anteriorment ja hi ha tablettes i el paper que fan aquest tipus de feina, però estem avançant cap a una societat que vol millorar tecnològicament com també amb l'aspecte ambiental, per tant, enfoquem dos punts que poden ajudar molt a la societat. Per una banda, a nivell tecnològic, la societat avança i la forma més fàcil d'avançar és la tecnologia. Per altra banda tenim un problema que es diu canvi climàtic, per tant, volem mantenir un producte que ja es troba al mercat però millorar-ho per tal de que sigui més eficient i que consumeixi menys energia.

9. Disseny



9.1. Raspberry Pi Zero W

El màxim responsable de controlar tot el prototip és la Raspberry Pi. Raspberry Pi és un computador de placa única o computador de placa simple (SBC), és a dir, un ordinador a mida reduïda i de baix cost econòmic que va ser desenvolupada al Regne Unit per la Fundació Raspberry Pi a la Universitat de Cambridge l'any 2011, però no es va començar a comercialitzar com a tal, fins l'any 2012 (59).

La fundació Raspberry Pi és una organització benèfica que es va crear l'any 2009 a la Universitat de Cambridge i té com a objectiu principal promoure l'estudi de les ciències de la computació especialment a les escoles on moltes vegades aquesta part es veu molt poc (60).

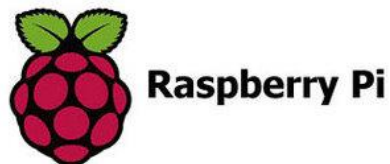


Figura 16. Logotip representatiu de la fundació Raspberry Pi. (61)

A diferència dels altres microcontroladors que ens mostra el mercat, Raspberry Pi incorpora un sistema operatiu i té la capacitat d'interactuar amb el món sense necessitat d'utilitzar-lo. El sistema operatiu que incorpora es diu Raspbian i va aparèixer el Juny de 2012. Raspbian és un sistema operatiu gratuït optimitzat per al hardware de la Raspberry Pi basat amb el sistema Debian, aquest sistema conté els mínims components perquè la Raspberry funcioni correctament. Una curiositat que cal tenir en compte d'aquest sistema és que no va ser creat per la Fundació sinó per un petit grup format per desenvolupadors que eren fans de Raspberry Pi i sobretot de Debian (62).



Figura 17. Fotografia del logotip representatiu del sistema operatiu Raspbian (62).

Tal i com ja explicat en l'apartat 6.2 Microcontroladors, el microcontrolador elegit de l'empresa Raspberry Pi és la Raspberry Pi Zero W. El model de Raspberry Pi Zero va sorgir

com a conseqüència de la celebració dels 5 anys de l'empresa, en comparació amb les altres Raspberry's es va presentar com un microcontrolador menys potent i de baix cost econòmic. La Raspberry Pi Zero W va sorgir com a renovació de la Raspberry Pi Zero que va treure al mercat l'empresa, ja que aquesta, respecte del seu antecessora incorpora connectivitat WIFI i connectivitat Bluetooth. (51) Aquest microcontrolador constant de les següents característiques:

- 802.11 b/g/n xarxa sense fils
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth de baix consum energètic (BLE)
- 1GHz, un sol core CPU
- 512MB RAM
- Mini HDMI i USB On-The-Go
- Micro USB per a l'alimentació elèctrica
- HAT-compatible de 40-pins
- Vídeo i altres components relacionats
- Connector per a càmera CSI

9.2. Pantalla de tinta electrònica

Waveshare és una empresa dedicada a la venda de microcontroladors concretament de Raspberry Pis i d'Arduinos i qualsevol altre complement que se li pugui afegir a un d'aquests dos microcontroladors, per tant, gràcies a aquesta afinitat que tenia l'empresa per aquest tipus de microcontroladors, es va decidir comprar la pantalla de tinta electrònica a Waveshare perquè ens assegurava el total funcionament i les llibreries necessàries per al seu correcte desenvolupament.

Les pantalles que ven actualment Waveshare són pantalles fabricades amb la tecnologia E-ink que tal i com s'ha explicat en l'apartat 5

Pantalles de tinta electrònica es basen en milions de microcàpsules de polímer transparent del diàmetre aproximat d'un cabell humà, cadascuna de les quals conté micropartícules de diòxid de titani blanques, fosques (negres) i un fluid clar on les partícules estant suspeses. Les càpsules són molt petites d'una mida aproximada de menys d'una dècima de mil·límetre.

El funcionament per a la mostra d'un dels dos colors és el següent: les microcàpsules es col·loquen entre dues capes d'elèctrodes, essent la capa de l'elèctrode superior transparent. Les partícules blanques tenen carrega positiva i les negres carrega negativa, al aplicar el camp elèctric, les partícules s'estimulen i es mouen cap a la part superior o inferior de la microcàpsula buscant la posició on es troba la mínima energia, per tant, si s'aplica carrega positiva en la part inferior, les partícules positives es repel·leixen i van cap a la part superior i ens apareix el color blanc, si en canvi, s'aplica una carrega negativa a la part inferior les partícules negatives es repel·leixen i van cap a la part superior i ens apareix el color negre. També es pot combinar l'opció de forma que algunes partícules negatives i positives es repel·leixen i apareixen els dos colors: blanc i negre. (63)

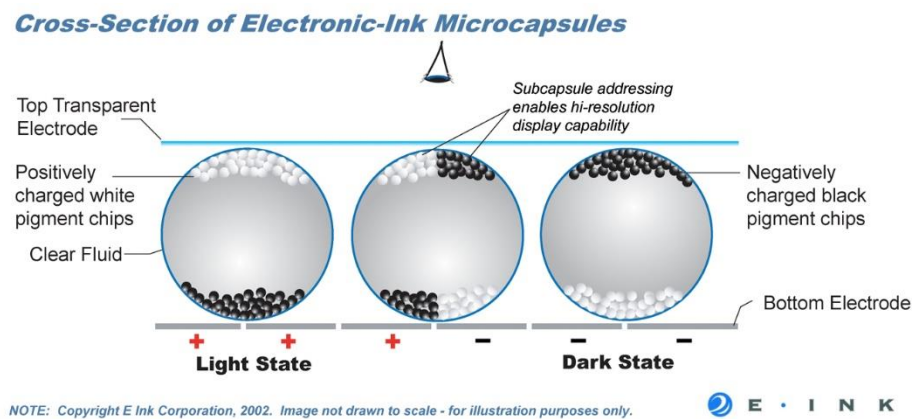


Figura 18. Esquema de com actuen les partícules de titani. (63)

La principal avantatge de les pantalles de tinta electrònica respecte de les pantalles de TFT o de LCD és que no produeix tant de cansament visual a la vista, no necessitem retroil·luminació i disposen d'una brillantor superior que permet que es pugui veure des de qualsevol dels angles i inclús cara el sol. També s'aconsegueix un estalvi considerable a nivell energètic ja que no és necessari corrent elèctric per aconseguir mantenir la imatge a la pantalla un vegada representada. Però no tot són avantatges, aquesta tecnologia comporta una sèrie de desavantatges. El gran inconvenient es que habitualment no hi ha en més colors i les que hi ha estan a preus molt elevats i la velocitat d'actualització de la informació és molt alta. S'espera en un futur que les pantalles de tinta electrònica siguin la principal tecnologia utilitzada per diaris, revistes

o qualsevol altre tipus de comunicació tot i que els costos elevats i que no pugui tenir més colors provoquen aquest retràs en ella. (1)

La pantalla de tinta electrònica que s'utilitza en aquest treball de fi de grau té una mida de 7,5 polsades i esta formada per tres colors (blanc, negre i vermell). El color vermell s'obté afegint pigments d'aquest color a les partícules de diòxid de titani. (64) Aquest tipus de pantalla no permet pintar una part de la pantalla sinó que cada cop que es vol pintar es necessari pintar-la tota de nou ja que no permet *refresh* parcial. El temps de *refresh* de la pantalla es d'aproximadament d'uns 31 segons i a banda també incorpora una HAT format per un drive que controla la comunicació via SPI entre la Raspberry Pi i la pantalla de tinta electrònica. (65)

9.3. Comunicació per SPI

La comunicació entre la pantalla de tinta electrònica i la Raspberry Pi es per SPI, ja que la pantalla incorpora un HAT amb un *driver* que utilitza aquest protocol. A banda, la Raspberry Pi te uns pins especials per aquest tipus de comunicació. Aquest però, és diferent a la majoria de protocols SPI, perquè la línia de dades entre el esclau i el màster esta amagada ja que el dispositiu solament té requisits de visualització.

- CS (*slave chip*): quan aquest pin té un canvi de tensió a la alça significa que no esta activat el protocol, quan aquest esta desactivat, és a dir, hi ha un canvi de tensió descendent significa que comença la comunicació del protocol.
- DC (*data/command pin*): És el pin encarregat del control de la dades, quan aquest pin te valor DC=0 escriure qualsevol comanda, en cas contrari, si DC = 1, escriu dades.
- SCLK: és el rellotge de la comunicació per SPI.
- SDIN: és la línia de comunicació entre el esclau i el màster amb el protocol SPI

La comunicació per SPI té una transferència de dades, que es combina amb CPHA i CPOL:

- CPOL determina el nivell del rellotge sincrònic en sèrie en estat inactiu. Quan CPOL = 0, el nivell és baix. No obstant això, CPOL té poc efecte en la transmissió.

- CPHA determina si es recopilen dades a la primera flanc ascendent del rellotge o al segon flanc ascendent del rellotge sincrònic en sèrie; quan CPHL = 0, les dades es recopilen a la primera vora del rellotge.

Hi ha 4 modes de comunicació però el més usat i el que s'utilitza és el SPI0 en el qual CPHL i CPOL tenen el valor 0.

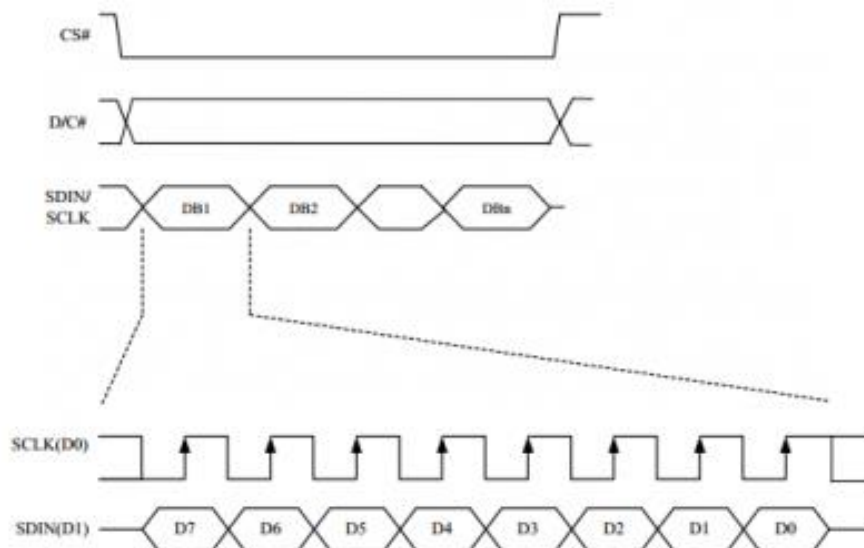


Figura 19. Protocol SPI utilitzat entre la pantalla de tinta electrònica i la Raspberry PI (66)

Com es pot veure a partir de la figura anterior, la transmissió de dades comença un cop s'ha obtingut un canvi de tensió a la baixa al pin CS i permet que al primera flanc descendent del SCLK es pugui transferir 1 bit de dades per cada cicle de rellotge. (66)

Els pins que formen i que actuaran amb el protocol SPI són els següents:

Pins	Descripció
VCC	3.3V
GND	GND (Terra)
DIN	SPI MOSI
CLK	SPI SCK (Rellotge)
CS	SPI chip select
DC	Data/Command control pin (High for data, and low for command)
RST	Extern pin reset
BUSY	Busy state output pin (Low for busy)

Taula 20. Taula de descripció dels pins del HAT de la pantalla de tinta electrònica. (66)

La connexió de la Raspberry Pi i el HAT de la pantalla de tinta electrònica s'ha realitzat mitjançant els següents pins:

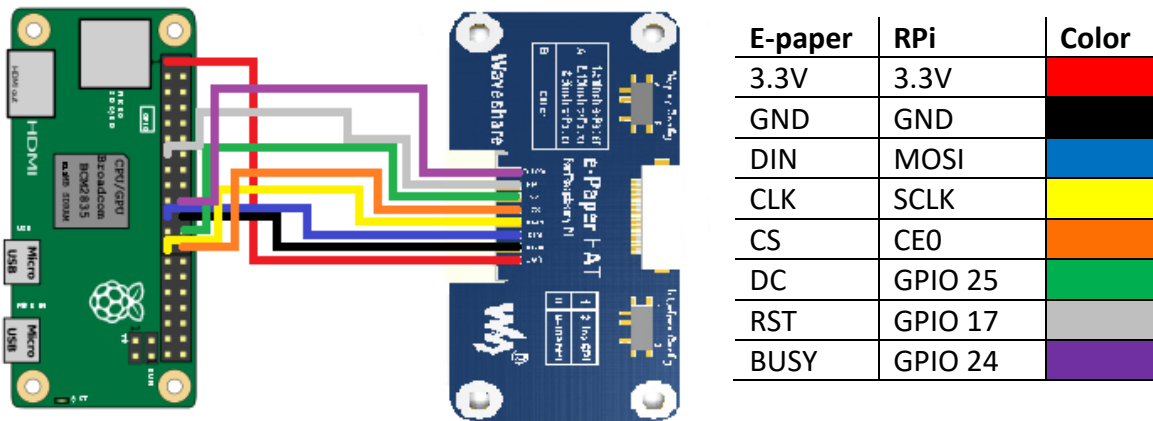


Figura 20. Representació gràfica de la connexió entre la Raspberry Pi i el HAT de la pantalla amb la seva llegenda de colors.

9.4. Connectivitat WIFI

La Raspberry Pi Zero W conté dos formes de comunicació amb l'exterior: Bluetooth i WiFi, per tant, tenim dues formes per obtenir la informació. A partir d'aquest moment s'inicia una investigació per elegir quina de les dues opcions és la millor per al prototip. Tal i com ja s'ha explicat en l'apartat 6 Anàlisi dels components que formen el disseny concretament al apartat 6.3 Connectivitat la elecció ha recaigut amb el WIFI, principalment perquè ens permet una llibertat absoluta de cables per al prototip i dependència que possiblement no podria obtenir amb el Bluetooth. El WIFI és defineix com una tecnologia de xarxa local sense fils que permet a qualsevol dispositiu intercanviar dades o connectar-se a internet sense la necessitat de tenir un cable Ethernet, per tant, gràcies aquesta avantatge s'estudia quina seria la millor idea per obtenir les dades. Finalment s'acaba elegint la API del Racó on es troben tots els horaris de totes les assignatures del Graus i dels Màsters que actualment realitza la Facultat d'Informàtica de Barcelona.

9.5. API del Racó

La API de la FIB es una aplicació que permet als usuaris accedir a informació pública de la Facultat d'Informàtica de Barcelona i a les dades pròpies dels usuaris amb diferents

formats. Des del març de l'any 2017 hi ha disponible una nova versió de la API més completa i exhaustiva. Dins d'aquesta API hi ha URLs que són totalment públiques, és a dir, que ens donen la informació que es pot obtenir sense la necessitat d'accedir al Racó i d'altres que ens donen informació personal privada i que necessiten una autenticació per poder-la fer servir. En el nostre cas les dades que volem mostrar són totalment públiques, per tant, no hi ha cap necessitat de tenir cap tipus d'autenticació. Per a l'obtenció de la informació necessària per mostrar-la per pantalla s'utilitzen dues URL (67). Inicialment s'utilitza aquesta URL per obtenir la informació de la API pública:

<code>/api/assignatures/llista.json</code>	Retorna la llista d'assignatures obertes del grau
Exemple: <pre>[{"idAssig": "PAR", "codi_upc": "270020", "nom": "Paral·lelisme"}, {"idAssig": "G", "codi_upc": "270022", "nom": "Gràfics"}, ...]</pre>	

Figura 21. Fotografia que pertany a una de les crides de la API (67)

Tal i com s'observa a la figura 21, el que fa aquesta crida es retorna la llista de les assignatures que es troben actualment obertes del grau en format JSON del semestre al qual ens trobem. JSON com el acrònim indica JavaScript Object Notation, és un estàndard obert per realitzar intercanvi de dades derivat del llenguatge JavaScript per a representar estructures de dades sencilles i llistes associatives anomenades objectes. El que es vol obtenir d'aquest objecte JSON és l'acrònim que fa referència a l'assignatura per obtenir l'horari de cadascuna d'aquestes, per tant, es necessari utilitzar una altra URL que ens aporta aquest tipus de informació. La crida a la API es la següent:

<code>/api/horaris/horari-assignatures.txt</code>	Retorna l'horari de les assignatures que li passem com a paràmetre, en format text separat per tabuladors
Exemple: <code>https://raco.fib.upc.edu/api/horaris/horari-assignatures.txt?assignatures=GRAU-IC&assignatures=GRAU-PRO1</code> <code>GRAU-IC 13 2 10:00 L A5S108</code> <code>GRAU-IC 13 2 11:00 L A5S108</code> Cada línia retornada té el següent significat: <ul style="list-style-type: none">▶ Sigles de l'assignatura (Ex: GRAU-IC)▶ Grup (Ex: 13)▶ Dia de la setmana (1=Dilluns, 2=Dimarts i així successivament...)▶ Hora en que s'imparteix l'assignatura. Si per exemple posem 10:00, vol dir que hi ha classe e 10:00 a 11:00. Si es fan dos hores de classe seguides, hi haurà una altra línia per l'hora de 11:00 a 12:00▶ Tipus de classe (T=Teoria, P=Problemes, L=Laboratori)▶ Aula on s'imparteix la classe (Ex: A5S108)	

Figura 22. Fotografia de la crida a la API per obtenir l'horari de les assignatures.

En aquest cas la API ens retorna en format `.txt` l'horari de les assignatures que se li passem com a paràmetre en format text i separat per tabuladors, el que es fa és afegir-les assignatures obtingudes en la primera URL per obtenir l'horari de totes les assignatures del semestre. Més avant a l'apartat 10 Implementació s'explica com s'ha desenvolupat tot aquest procés.

9.6. Connexió per USB

La Raspberry PI Zero W esta formada per un connector mini HDMI, dos connectors USB micro de tipus B. Un d'aquest dos connectors USB es l'encarregat de proporcionar el subministrament d'energia al microcontrolador. Perquè hi hagi aquesta transmissió d'energia des de la font d'alimentació serà necessari utilitzar un cable USB tipus A a tipus USB micro B. S'utilitzarà de tipus A l'USB ja que és un dels connectors universals per excel·lència i es pot connectar a qualsevol tipus de adaptador de corrent, ordinador o carregador perquè ens subministri l'energia necessària, també dir que es el tipus de cable que utilitzen la majoria d'aparells per carregar o per realitzar qualsevol tipus de comunicació (com per exemple: la transferència de dades) amb qualsevol altre dispositiu.

9.7. Carregador extern amb placa solar

Com qualsevol dispositiu elèctric el microcontrolador necessita electricitat, per tant, necessita qualsevol tipus d'aparell o mecanisme perquè se li subministra l'energia necessària. La Raspberry Pi consumeix en estat de repòs 120 mA el que serien aproximadament 0.6W de potència i a ple rendiment consumeix aproximadament 230 mA que són aproximadament 1.19 W de potencia (68). S'ha de tenir en compte que aquest càlculs s'han obtingut partint del 5.19V que ens ofereix un transformador estàndard. La pantalla de tinta electrònica te un voltatge igual, és a dir, estàndard de entre 3.3 i 5V consumeix solament en el moment en que es realitzar un *refresh* de la pantalla. Aquest consum és d'una potencia aproximada de 38mW durant el temps que no hi ha cap modificació a la pantalla, el seu consum pot arribar a ser inferior al de 0.017mW fins al punt de que al desconnectar la pantalla del corrent elèctric la imatge es segueix mantenint sense tenir cap pèrdua de qualitat. Per tant, podem dir que els valors de consum d'electricitat de la pantalla són irrellevants alhora de tot aquest

consum energètic i s'ha de tenir en compte solament l'energia que consumeix la Raspberry Pi. (66)

El principal objectiu ja esmentat en aquest treball de fi de grau es que el consum energètic sigui el menor possible i que no sigui necessari cap tipus d'endoll de paret del qual depengui el dispositiu, per tant, l'única opció que ens permet mobilitat del prototip són els carregadors externs (bateries) que s'usen actualment per carregar els telèfons mòbils, per tal de col·laborar més amb el medi ambient es pensa amb els carregadors externs amb plaques solar que actualment porten alguns d'aquest aparells, per tant, si s'ha de carregar el carregador ho farà de forma renovable per mitjà de les plaques solars. En el cas de que no hi hagi suficients raigs solar per carregar el carregador aquest també es pot carregar com els convencionals.



Figura 23. Fotografia del carregador extern amb placa solar (69).

10. Implementació

10.1 Python

El llenguatge elegit per a la implementació és Python. Python és considerat un llenguatge que conté compiladors i intèrprets. El fet de que sigui intèrpret és que necessiten un programa intèrpret per a ser executat. Es considera un llenguatge d'alt nivell i de propòsit general que va ser creat per Guido van Rossum l'any 1991. Com molts altres llenguatges de programació dinàmics, Python és usat sovint com a llenguatge script però també es fa servir amb altres àmbits, ja que suporta programació orientada a objectes, imperativa i també funcional o procedimental. Aquest llenguatge té una gran biblioteca estàndard i també presenta un sistema dinàmic i una gestió de memòria automàtica. Actualment existeix molts intèrprets de Python per molts sistemes operatius diferents, en el nostre cas, Raspbian ja el porta pre-instal·lat. L'elecció de l'ús de Python per a la implementació es deguda a que gràcies a la gran quantitat de llibreries que actualment te ens facilitat tant l'ús per la API, com amb la comunicació amb la pantalla de tinta electrònica que altres llenguatges de programació no suporten. Finalment, també ens proporciona treballar a més facilitat de la implementació de la creació de les imatges que volem mostrar.

10.2 Obtenció de les dades per mitjà de la API

Tal i com ja s'ha explicat en l'apartat 9.5 API del Racó per obtenir les dades que s'utilitzarà s'usen dues crides per agafar la informació necessària per mostrar un horari de qualsevol d'una de les aules de la FIB. Les següents funcions s'han classificat en un únic fitxer de Python anomenat *repository.py*.

Primer que tot el que es fa es obtenir totes les assignatures del semestre actual. Declarem la URL que ens realitzarà aquesta tasca:

```
URL_ASSIG_JSON="https://raco.fib.upc.edu/api/assignatures/llista.json"
```

Figura 24. URL per obtenir les assignatures en format JSON

```
def obtenirAssignaturesJson():
    reqAssig=urllib2.Request(constants.URL_ASSIG_JSON)
    opener = urllib2.build_opener()
    f=opener.open(reqAssig)
    if (f.getcode() == 200):
        jsonResult=json.loads(f.read())
        primerElementJson = True
        concatenacio="assignatures=GRAU-"
        for assig in jsonResult:
            if (primerElementJson==True):
                primerElementJson = False
                concatenacio = concatenacio + assig['idAssig']
            else:
                concatenacio=concatenacio + "&assignatures=GRAU-" + assig['idAssig']
        return concatenacio
    else:
        print("[ERROR] No s'ha realitzat correctament la crida obtenirAssignaturesJson : " + str(f.getcode()))
        return "ERROR"
```

Figura 25. Implementació de la crida per obtenir les assignatures.

En la figura 25 s'observa com es realitza la comunicació per mitjà de la llibreria *urllib2* i tenint en compte un petit control d'errors, en aquest cas, si el resultat és correcte s'atorga el valor 200 per qualsevol altre error aquest valor és diferent. També es pot veure com s'emmagatzema la informació obtinguda a la variable *jsonResult*.

```
▼ 0:
    idAssig:      "A"
    codi_upc:     "270021"
    nom:          "ALGORÍSMIA"
▼ 1:
    idAssig:     "AA"
    codi_upc:    "270027"
    nom:         "AMPLIACIÓ D'ALGORÍSMIA"
```

Figura 26. Exemple de retorn de la llista d'assignatures en format JSON.

Aquesta variable es tracta i en cada un dels objectes JSON que equivalen a una assignatura s'obté el camp *idAssig* per poder enviar en format text i separat per tabuladors les assignatures de les quals volem obtenir el seu horari pertinent.

La URL per obtenir l'horari de les assignatures és el següent:

```
URL_ASSIG="https://racu.fib.upc.edu/api/horaris/assignatures-titulacio.txt?codi=GRAU"
```

Figura 27. URL per obtenir les assignatures en format JSON

```
def obtenirInformacioAssignatures():  
    fileAux=open("horari_totes_assignatures.txt", "w")  
    concatenacio=obtenirAssignaturesJson()  
    if (concatenacio != "ERROR"):  
        urlUnio=constants.URL_INFO_ASSIG+concatenacio  
        req=urllib2.Request(urlUnio)  
        response = urllib2.urlopen(req)  
        if (response.getcode() == 200):  
            fileAux.write(response.read())  
            fileAux.close()  
            return response.getcode()  
        else:  
            print("[ERROR] No s'ha realitzat correctament la crida: " + response.getcode())  
            return response.getcode()  
    else:  
        return concatenacio
```

Figura 28. Implementació de la crida per obtenir l'horari de les assignatures que s'assignen a la variable concatenació.

Com es pot observar a la figura 22 es realitza una unió entre la `URL_ASSIG` i els valors en format text i separat per tabuladors de les assignatures que ens retorna la funció `obtenirAssignaturesJson()` es realitza la crida i es copia tota la informació que es retornar a un fitxer en format `.txt` anomenat `horari_totes_assignatures.txt`. En cas d'error en la crida es retorna "ERROR" o valor del codi d'estat. En funcions superiors aquest valor d'Error es gestiona i es mostra a la pantalla que hi ha un error alhora d'obtenir les dades.

10.3 Emmagatzematge de les dades

Un cop obtingudes totes les dades i guardar-les al fitxer `horari_totes_assignatures.txt`. L'horari que es vols mostrar serà d'una aula, per tant, s'ha de realitzar una relació entre assignatures i aules de la Facultat. Es presenta una idea de classificar les assignatures per aules, per tant, per cada aula es crea un fitxer `.txt` amb el nom de l'aula corresponent i es guarden les assignatures que es realitzen en aquella aula i es retorna la llista de les aules. Tots aquest fitxer `.txt` es guarden en una carpeta anomenada `/aules`. El funcionament de tota aquesta relació es similar al d'una base de dades. En la figura 23 es pot observar aquesta implementació.

```
def comprovarSiAulaEsta(llistaAules, aula):  
    for elem in llistaAules:  
        if (elem==aula):  
            return True  
    return False  
  
def parsePerAules():  
    fileAssig=open("horari_totes_assignatures.txt", "r")  
    llistaAulesFib = []  
    for assig in fileAssig:  
        llistaAula = assig.split()  
        esta = comprovarSiAulaEsta(llistaAulesFib, llistaAula[len(llistaAula)-1])  
        if (esta==False):  
            llistaAulesFib.append(llistaAula[len(llistaAula)-1])  
        fileBucle=open("./aules/" + llistaAula[len(llistaAula)-1] + ".txt","a")  
        fileBucle.write(assig)  
        fileBucle.close()
```

Figura 29. Implementació de la relació entre assignatures i aules.

El format del directori */aules* és el que es presenta a la figura 24, tal i com ja s'ha explicat abans en cadascun d'aquest fitxers estan les assignatures que es realitzen en aquella aula.

```
pi@raspberrypi:~/Documents/treball_fi_grau/TInfo/aules $ ls  
A1S101.txt A5001.txt A5103.txt A5201.txt A5E01.txt A5S104.txt A5S111.txt A6101.txt A6105.txt A6206.txt C5S202.txt C6S303.txt D6003.txt  
A4002.txt A5002.txt A5104.txt A5202.txt A5E02.txt A5S105.txt A5S112.txt A6102.txt A6201.txt B5S101.txt C5S203.txt C6S306.txt  
A4102.txt A5101.txt A5105.txt A5203.txt A5S102.txt A5S108.txt A5S113.txt A6103.txt A6202.txt B5S201.txt C6S301.txt C6S308.txt  
A4202.txt A5102.txt A5106.txt A5204.txt A5S103.txt A5S109.txt A6001.txt A6104.txt A6203.txt B5S202.txt C6S302.txt C6S309.txt
```

Figura 30. Directori */aules* amb les assignatures assignades a cada aula.

Un cop classificades, ens donem compte que les assignatures estan ordenades alfabèticament però dins d'aquest ordre alfabètic no hi ha un ordre entre les hores, per tant, per cadascun dels fitxers es realitza un algoritme per ordenar la informació del fitxer i es tornar a copiar la informació al mateix fitxer on estava.

```
def ordenarEliminarDuplicatLinies(elem):  
    listaAssignatures=sorted(file("/home/pi/Documents/treball_fi_grau/TInfo/aules/" + elem + ".txt"))  
    file("aux.txt","w").writelines(listaAssignatures)  
    liniesVistes = set()  
    fileSortida = open("/home/pi/Documents/treball_fi_grau/TInfo/aules/" + elem + ".txt", "w")  
    for linia in open("aux.txt", "r"):  
        if linia not in liniesVistes:  
            fileSortida.write(linia)  
            liniesVistes.add(linia)  
    fileSortida.close()  
    fileAula=open("/home/pi/Documents/treball_fi_grau/TInfo/aules/" + elem + ".txt", "r")  
    return fileAula
```

Figura 31. Implementació de l'ordenació del fitxer.

10.4 Mostrar les dades a la pantalla

Per mostrar qualsevol tipus d'informació s'ha usat les llibreries que ens proporciona la pròpia empresa Waveshare, aquestes dues llibreries són: *epd7in5b.py* i *epdif.py*. Cada

una d'aquestes dues llibreries té una funcionalitat diferent per al desenvolupament, la llibreria *epdif.py* és l'encarregada d'inicialitzar els pins de la Raspberry Pi que intervindran en la comunicació per SPI i especificar quins d'aquest pins seran de sortida i quins d'entrada, per tant, tindrem que RST_PIN, DC_PIN i CS_PIN seran pins de sortida d'informació i el BUSY_PIN d'entrada d'informació, la funcionalitat de cadascuna d'aquests pins està explicada a l'apartat 9.3 Comunicació per SPI.

```
# Pin definition
RST_PIN      = 17
DC_PIN       = 25
CS_PIN       = 8
BUSY_PIN     = 24
```

```
GPIO.setup(RST_PIN, GPIO.OUT)
GPIO.setup(DC_PIN, GPIO.OUT)
GPIO.setup(CS_PIN, GPIO.OUT)
GPIO.setup(BUSY_PIN, GPIO.IN)
```

Figura 32. Inicialització dels pins necessaris per a la comunicació SPI.

Per altra banda, la llibreria *epd7in5b.py* es l'encarregada d'enviar la informació que es transmet des de la Raspberry Pi fins la pantalla i activar els píxels que es volen mostrar perquè es vegi la informació que li enviem. La informació que s'envia és un objecte imatge, creat per la llibreria de Python: *Image*. Aquesta llibreria el que fa és emmagatzemar dins seu un format d'imatge correcte que es pugui enviar sense cap problema a la pantalla de tinta electrònica, per tant, si es vol mostrar qualsevol tipus de fotografia, aquesta és necessari que tingui un format *.bmp* i la mida corresponent de la pantalla (en aquest cas 640x384) i crear un format *Image* amb aquesta fotografia. El format *.bmp* és un tipus d'arxiu per gràfics basat amb un mapa de bits. Cada píxel té associat un nombre determinat de bits per a representar el color que conté. El principal avantatge d'aquest format és que la seva carrega i lectura solen ser extremadament ràpides però no s'usa perquè no es pot realitzar una versió comprimida i per tant sol ser fitxer de grans formats. (70)

La part més difícil de la implementació ha estat la creació del horari ja que a part de la llibreria *Image* s'ha utilitzat dos tipus llibreries que permeten realitzar modificacions a partir dels objectes que es crea, aquesta llibreries s'anomenen: *ImageDraw* i *ImageFont*. *ImageDraw* permet realitzar qualsevol tipus de polígon: rectangle, quadrat, esfera, eclipse, etc., línia i pintar qualsevol tipus de text, això sí, en tots els casos sempre indicant les posicions que volem que estiguin en la pantalla, en el

cas de la lletra: el tipus de lletra i la mida de la lletra i finalment en cadascun dels casos el color. El tipus de lletra i la mida s'obté a partir d'una variable crear amb una funció de la llibreria *ImageFont*.

El prototip està format per tres colors: vermell, blanc i negre, per tant, ens permet elegir a partir d'aquests tres. La codificació de cadascun d'aquest colors es de 0 a 255 per tant la gama de colors de la qual parlem es d'un total de 2^7 bits. El 0 correspon al negre, el 255 al blanc i el 127 al vermell. Tot i que es poden posar valor entre aquests intervals la tonalitat de colors segueix sent la mateixa però perd lluminositat.

10.5. Implementació del codi del horari

En aquest apartat s'explicaran les parts més característiques de com s'han tractat les dades per poder-les mostrar a la pantalla i visualitzar l'horari. Totes aquestes funcions es troben en un fitxer anomenat *horari.py*.

```
def estructuraHorari(image, elem):
    draw = ImageDraw.Draw(image)
    fontLletraHoresDies = ImageFont.truetype(constants.PATH_LLETRA_HORES_DIES, constants.MIDA_LLETRES)
    fontTitol = ImageFont.truetype(constants.PATH_TITOL, constants.MIDA_TITOL)
    fontLletra = ImageFont.truetype(constants.PATH_LLETRA, constants.MIDA_LLETRES)
    draw.text((constants.CENTRAR_X, constants.CENTRAR_Y), 'HORARI AULA ' + elem, font=fontTitol, fill=constants.NEGRE)
    draw = pintarDiesSetmana(draw, fontLletraHoresDies)
    draw = pintarHores(draw, fontLletraHoresDies)
    llistaTuplaHores = crearLlistaTuplaHores()
    llistaTuplaDies = crearLlistaTuplaDies()
    draw = pintarLiniesVerticals(draw, llistaTuplaDies, llistaTuplaHores)
    draw = pintarLiniesHoritzontals(draw, llistaTuplaDies, llistaTuplaHores)
    draw = pintarAssignatures(draw, fontLletra, llistaTuplaHores, llistaTuplaDies, elem)
    return image
```

Figura 33. Funció principal per pintar l'horari.

A la figura 33 es mostra la imatge de la funció principal, aquesta funció s'encarrega de realitzar la crida de cadascuna de les funcions necessàries per realitzar el dibuix que després s'acabarà mostrant. Inicialment, com es pot observar es crea la font que s'utilitzarà tant per al títol, per al noms dels dies de la setmana i les hores i el tipus de lletra per les assignatures per mitjà de la llibreria *ImageFont*. Un cop es té la lletra de cadascun dels elements, es comencen a pintar el títol i seguidament els dies de la setmana i les hores. Per cadascun dels dies de la setmana i de les hores s'obté una llista amb les posicions (x , y) que indicia la posició inicial del element.


```
def pintarDiesSetmana(draw, font_Lletra):
    llarg = constants.LLARGADA
    alt = constants.ALtura+constants.ESPAI_Y
    for dia in constants.LIST_DIES:
        draw.text((llarg, alt), dia, font= font_Lletra, fill=constants.NEGRE)
        llarg=llarg+constants.ESPAI_X
    return draw

def pintarHores(draw, fontLletra):
    alt=constants.ALtura+constants.ESPAI_Y
    for hora in constants.LIST_HORES:
        alt = alt+25
        draw.text((10, alt), hora, font= fontLletra, fill=constants.NEGRE)
    return draw
```

```
def crearLlistaTuplaDies():
    llarg = constants.LLARGADA
    alt = constants.ALtura+constants.ESPAI_Y
    llistaPosDies=[]
    for dia in constants.LIST_DIES:
        llistaPosDies.append(crearLlistaTupla(llarg, alt))
        llarg=llarg+constants.ESPAI_X
    return llistaPosDies

def crearLlistaTuplaHores():
    alt=constants.ALtura+constants.ESPAI_Y
    llistaPosHores=[]
    for hora in constants.LIST_HORES:
        alt = alt+25
        llistaPosHores.append(crearLlistaTupla(10, alt))
    return llistaPosHores
```

Figura 34. Implementació de com es pinten les hores i dies i de com s'obté les llistes de posicions.

Aquestes llistes de posicions en ajudaran a pintar correctament les línies verticals i les línies horitzontals que formaran la quadricula per al horari, tal i com es mostra a la figura 35, ja que ens donen la posició que es troba cada una del element.

```
def pintarLiniesVerticals(draw, llistaTuplaDies, llistaTuplaHores):
    for elem in llistaTuplaDies:
        llarg = elem[0]-13
        alt = llistaTuplaHores[0][1]
        alt2 = llistaTuplaHores[11][1]+20
        draw.line((llarg,alt, llarg, alt2), fill = constants.NEGRE)
    return draw

def pintarLiniesHoritzontals(draw, llistaTuplaDies, llistaTuplaHores):
    for elem in llistaTuplaHores:
        alt = elem[1]+20
        llarg = llistaTuplaHores[0][1]-70
        llarg2 = llistaTuplaDies[4][0]+100
        draw.line((llarg,alt, llarg2, alt), fill = constants.NEGRE)
    return draw
```

Figura 35. Implementació del codi de pintar les línies vertical i les línies horitzontals.

Finalment, després de pintar els dies de la setmana, les hores i les línies verticals i horitzontals es passa a posicionar les assignatures al seu lloc.

```
def pintarAssignatures(draw, fontLletra, llistaTuplaHores, llistaTuplaDies, elem):
    fileAula=parsejar_info.ordenarEliminarDuplicatLinies(elem)
    fontLletra2 = ImageFont.truetype(constants.PATH_LLETRA, constants.MIDA_LLETRA)
    assignAnterior = fileAula.readline()
    mostra = transformarFormat(assignAnterior)
    llarg = obtenirLlarg(llibraTuplaDies, assignAnterior.split())
    alt = obtenirAlt(llibraTuplaHores, assignAnterior.split())
    draw.text((llarg-10, alt+13), mostra, font= fontLletra2, fill=constants.NEGRE)
    for assign in fileAula:
        llistaAula = assign.split()
        llistaAulaAnt = assignAnterior.split()
        alt = obtenirAlt(llibraTuplaHores, llistaAula)
        llarg = obtenirLlarg(llibraTuplaDies, llistaAula)
        if (sonIguals(assign, assignAnterior)== True):
            maxllista = llistaAulaAnt
            mostra = transformarFormat(assignAnterior)
            llargLine = obtenirLlarg(llibraTuplaDies, maxllista)
            altLine = obtenirAlt(llibraTuplaHores, maxllista)
            alt = obtenirAlt(llibraTuplaHores, maxllista)
            llarg = obtenirLlarg(llibraTuplaDies, maxllista)
            draw.line((llargLine-12, altLine+20, llargLine+97, altLine+20), fill=constants.BLANC)
            draw.text((llarg-10, alt), mostra, font= fontLletra2, fill=constants.BLANC)
            draw.text((llarg-10, alt), mostra, font= fontLletra2, fill=constants.BLANC)
            draw.text((llargLine-10, altLine+13), mostra, font= fontLletra2, fill=constants.NEGRE)
        else:
            mostra = transformarFormat(assign)
            draw.text((llarg-10, alt), mostra, font= fontLletra2, fill=constants.NEGRE)
        assignAnterior = assign
    return draw
```

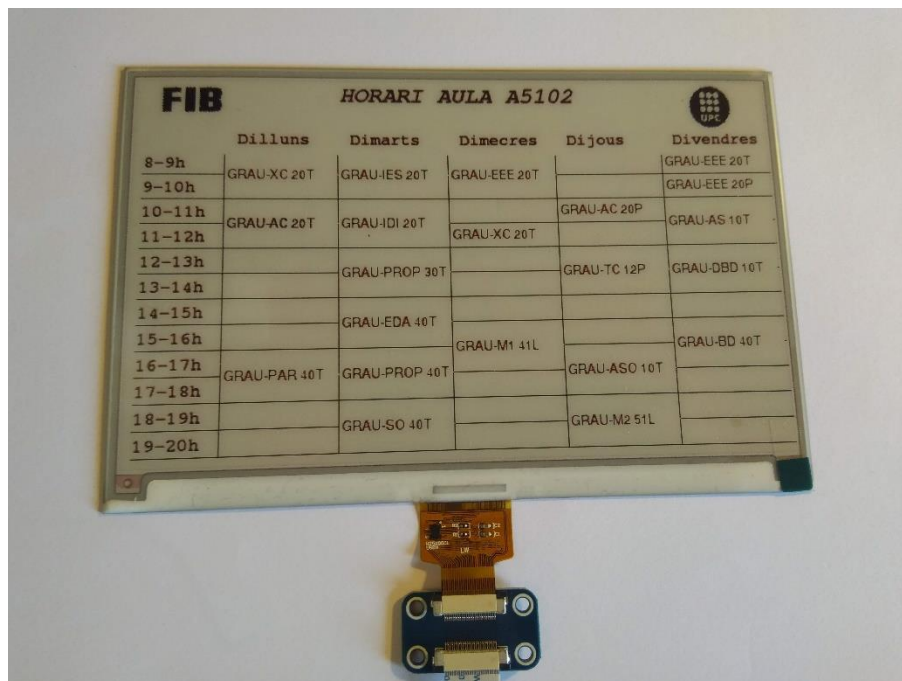
Figura 36. Implementació de la funció *pintaAssignatures*.

En la figura 36 es pot observar la funció encarrega de realitzar tot aquest procés anomenada *pintaAssignatures*. Aquesta funció reb: la variable *draw* que és on es troba tota la informació que s'està pintant, la font de la lletra que volem pintar, les llistes de posicions dels dies i de les hores i finalment el valor de l'aula. Primer s'obri el fitxer *.txt* per passejar cadascuna de les línies de les assignatures. Les assignatures, tal i com ja s'ha explicat al apartat 10.3 Emmagatzematge de les dades, van ordenades per ordre alfabètic, per grup i finalment per hora. Per tant, per cada assignatura que llegim del fitxer la comparem amb la seva anterior, si aquestes són iguals amb grup i dia, significa que l'assignatura de dos hores o en alguns casos de tres, per tant, solament es pinta una vegada el nom de l'assignatura i s'elimina la línia de divisió entre hores.

11. Resultats

S'han obtingut tres resultats diferents. La principal funcionalitat d'aquest prototip és que sigui un panell informatiu, per tant, un dels primers resultats és l'horari d'una de les aules de la facultat d'informàtica. Una vegada es va obtenir aquest resultat, es va decidir optar per si es podien enviar altres tipus d'imatges amb altres tipus de tonalitats, per veure si la pantalla tenia la possibilitat de pintar diferents tipus de tonalitats i consegüentment es va decidir mostrar el logotip de la FIB, i finalment una imatge de qualsevol paisatge. La foto del paisatge escollit és del delta de l'Ebre, concretament de la punta de la fang on es pot apreciar el seu característic far. Tant amb la imatge del logotip de la FIB com la del delta de l'Ebre es mostrarà la imatge original amb colors, per tal, d'observar la comparativa.

- HORARI D'UNA DE LES AULES DE LA FACULTAT D'INFORMÀTICA.



	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8-9h					GRAU-EEE 20T
9-10h	GRAU-XC 20T	GRAU-IES 20T	GRAU-EEE 20T		GRAU-EEE 20P
10-11h	GRAU-AC 20T	GRAU-IDI 20T		GRAU-AC 20P	GRAU-AS 10T
11-12h			GRAU-XC 20T		
12-13h		GRAU-PROP 30T		GRAU-TC 12P	GRAU-DBD 10T
13-14h					
14-15h		GRAU-EDA 40T			
15-16h			GRAU-M1 41L		GRAU-BD 40T
16-17h	GRAU-PAR 40T	GRAU-PROP 40T		GRAU-ASO 10T	
17-18h					
18-19h		GRAU-SO 40T		GRAU-M2 51L	
19-20h					

Figura 37. Fotografia de la pantalla amb l'horari de l'aula A5102

Una vegada s'ha obtingut tots els horaris de totes les assignatures també s'han obtingut tots els aularis on actualment a la FIB es donen les classes, però el nombre d'aules a mostrar l'horari de cadascuna d'elles es considerable i totes segueixen el mateix funcionament com aquesta que es mostrar a la figura 27. Per tant, solament s'ha agafat

un exemple per tal de que es vegi el resultat del format d'aquest horari. A l'apartat Implementació s'explica la forma que ha estat implementat.

- LOGOTIP FIB

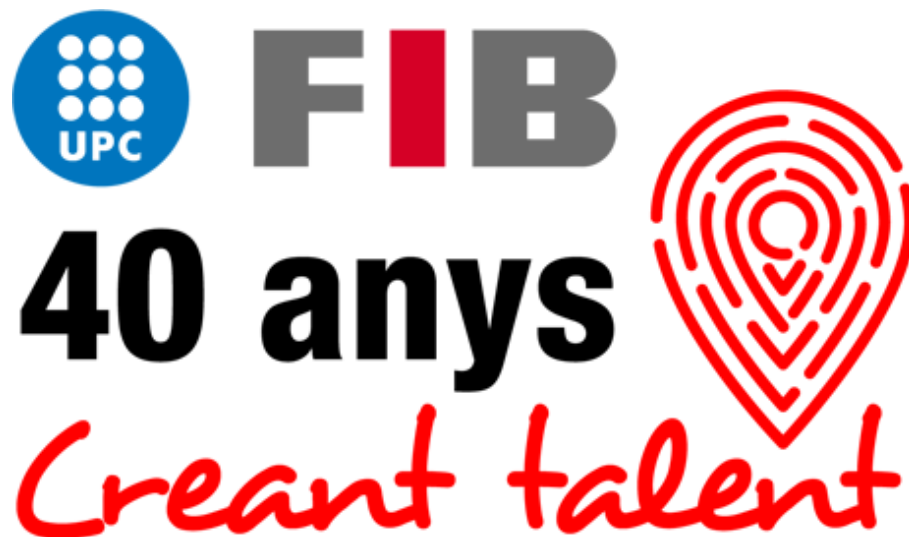


Figura 38. Fotografia en color del logotip de la FIB.

Una altre resultat que s'ha provat es a mostrar l'horari de logotip de la FIB de quan fa fer 40 anys l'any 2017 per veure com interpretava aquesta escala de colors la pantalla. Tal i com ja s'ha anat explicat al llarg d'aquest memòria la pantalla que estem utilitzant, utilitza tres tipus de colors diferents: blanc, negre i vermell, per tant, com a primer hipòtesis es va pensar que interpretaria el color blanc, negre i vermell tal i com es veuen a la imatge i que el color blau l'interpretaria com algun tipus dels tres, però no ha estat així. El primer canvi que es veu és el color vermell pensàvem que la pantalla interpretaria el color vermell com a tal i que el pintaria d'aquesta tonalitat, doncs no ha estat així i ha considerat el color vermell com a negre tal i com es pot veure a la fotografia que hi ha a continuació.

En canvi, no ha passat el mateix efecte com es pot observar amb la tonalitat de grisos de les lletres F i B del acrònim aquí sí que ha considerat que era un tipus de color gris i per tant, es mostrar en aquest tonalitat. Es creu es que els colors blanc i negre els identifica sense cap problema igual que la seva escala de tonalitats però el vermell al ser el tercer color incorporat en aquest tipus de pantalles i la innovació que incorporen

necessita més estudis per poder arribar a la mateixa relació que ha obtingut amb el negre i el blanc.



Figura 39. Fotografia de la pantalla de tinta electrònica amb el logotip dels 40 anys de la FIB.

- **IMATGE DEL DELTA DE L'EBRE.**



Figura 40. Fotografia del delta de l'Ebre.

Després de provar amb el logotip que estava format per un màxim de 4 colors es va decidir provar amb una altra imatge amb una quantitat de colors més elevada, concretament amb la d'un paisatge. Tal i com ja s'ha explicat la imatge es del delta de l'Ebre i es pot veure a la figura 40 aquesta gran quantitat de colors. Es pot observar el color blau clar amb el blanc dels núvols. Després, mirant el fons es pot observar els arrossars amb el seu color verd característic quan esta sortint l'arròs. Més cap al costat dret de la imatge es pot veure el color blau més intens de la mar i finalment les dues tonalitats de marro que ens proporciona la sorra. I finalment, el color blanc del far.

El que s'esperava veure era amb tons de grisos els núvols i diferenciar quina part del fons era la sorra i quina part l'arròs, però com es pot veure en la figura X no s'aprecien ni els núvols, el cel es totalment blanc i tampoc s'aprecia la diferencia entre l'arròs i la sorra. Si que s'aprecia les dues tonalitats de fosc i clar en la sorra de la platja, el far i també es pot veure clarament la mar amb les seves onades.

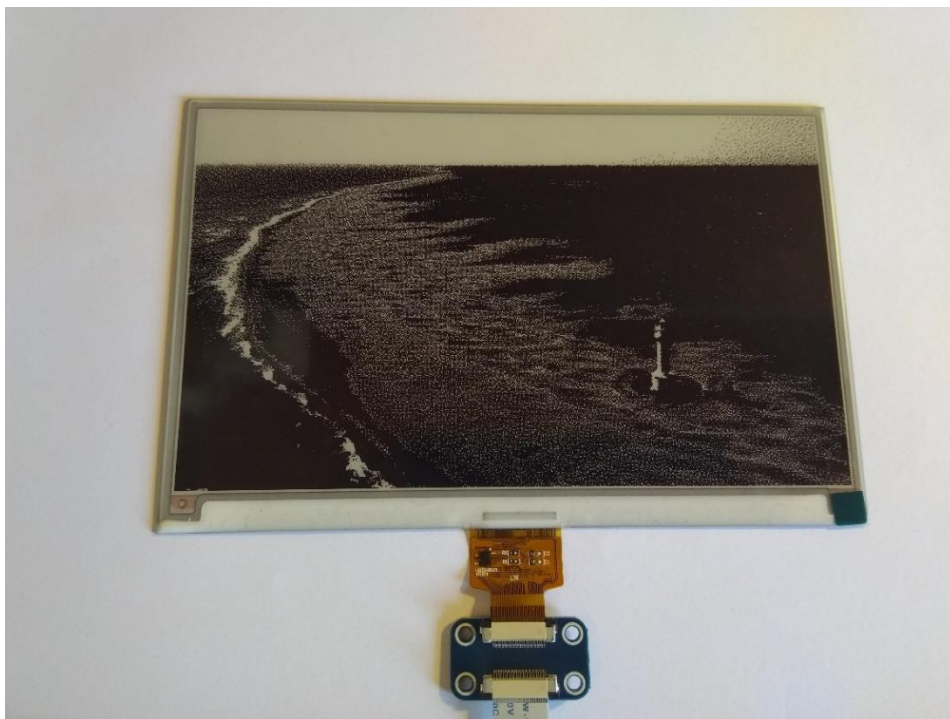


Figura 41. Fotografia de la pantalla de tinta electrònica del delta de l'Ebre.

12. Conclusions i possibles millores

12.1. Conclusions del treball

L'objectiu principal d'aquest treball de fi de grau era connectar un microcontrolador a una pantalla de tinta electrònica per utilitzar-ho com a panell informatiu i que aquest fos de baix consum. Quan es va plantejar la idea, es va proposar per solucionar un únic problema com era la dels horaris de la FIB, però finalment es va plantejar com una idea més general que es podia adaptar en qualsevol lloc. La part que se li ha posat més èmfasi en aquest treball ha estat l'elecció dels elements que formen el prototip, concretament el microcontrolador, que és el responsable principal que funcioni correctament sense tenir cap pèrdua de res.

Per tant, el triatge correcte d'aquest component va ser la part més decisiva i més difícil, ja que si la elecció no era correcta, la planificació s'hauria vist modificada i segurament no s'hauria pogut obtenir els resultats que s'han mostrat o fins i tot no acabar el treball en el temps establert. Per altra banda una part que ha costat alhora de realitzar el desenvolupament ha estat l'obtenció de les dades. La part d'obtenció i tractament de dades ha estat més autodidàctica ja que a l'especialitat d'Enginyeria de Computadors no està focalitzada en aspectes com APIs o formats de dades JSON, per tant, aquesta part a estat autodidàctica aprenent el funcionament d'aquest i cercant informació per a l'ús amb el llenguatge Python.

Finalment una part que ha portat un gran temps però no ha estat tant costós com l'obtenció de les dades ha estat mostrar les dades de les aules de la FIB a la pantalla de tinta electrònica, ja que s'ha de guardar moltes posicions a tenir en com que que ens indiquin una idea del posicionament de cadascuna de les assignatures amb el seu dia i la seva hora corresponent.

A nivell personal aquest treball m'ha aportat conèixer un nou món de pantalles, les de tinta electrònica i aprofundir amb elles, mirant i cercant totes les seves característiques. També m'ha aportat l'autoaprenentatge d'implementacions que no havia donat amb assignatures del grau que crec que m'han ajudat a ampliar els meus coneixements dins d'aquest camp. Finalment, a nivell hardware, m'ha ajudat a investigar, observar i

seleccionar tots els microcontroladors del mercat i veure les seves característiques i el seu món en general.

12.2. Competències tècniques

A continuació es mostra per cadascuna de les competències tècniques desenvolupades en aquest treball una justificació i avaluació sobre aquestes.

- **CEC1.1:** *Dissenyar un sistema basat en microprocessador/microcontrolador. [En profunditat]*

Aquesta competència s'ha avaluat com a en profunditat perquè el dispositiu principal encarregat de gestionar les dades que s'obtenen i després enviar-les a la pantalla de tinta electrònica del prototip és el microcontrolador, en aquest cas, la Raspberry Pi zero W, per tant, s'ha dissenyat un sistema basat un microcontrolador.

- **CEC2.1:** *Analitzar, avaluar, seleccionar i configurar plataformes hardware per al desenvolupament i l'execució d'aplicacions i serveis informàtics. [En profunditat]*

Per a l'elecció correcta de cada un dels components que han format part per al prototip s'ha realitzat un estudi analitzant i avaluant cadascun dels dispositius que ens ofereix actualment el mercat i finalment, seleccionant el millor per als nostres objectius. Un cop realitzada aquesta selecció s'ha adequat l'entorn de treball per al desenvolupament, en el nostre cas, s'ha configurat la xarxa de la Raspberry Pi perquè tingui connexió a internet gràcies al mòdul WiFi que incorpora i a continuació, s'ha realitzat una comunicació via *ssh* amb un altre dispositiu, concretament amb l'ordinador de l'estudiant, per tal de desenvolupar i executar el codi per a l'obtenció de dades i finalment per a la mostra d'aquestes a la pantalla de tinta electrònica.

- **CEC2.2:** *Programar considerant l'arquitectura hardware, tant en assemblador com en alt nivell. [En profunditat]*

Durant tot el desenvolupament de la implementació d'aquest treball s'ha considerat l'arquitectura hardware de la Raspberry Pi i de la pantalla de tinta electrònica tant per a l'obtenció de dades com per a mostrar la informació, per tant, s'ha analitzat quines eren les millors llibreries que ens oferia Python per al desenvolupament i com aquestes

afectaven a l'arquitectura del nostre prototip per utilitzar les millors. Durant la implementació de cadascun dels resultats mostrats en l'apartat 11 Resultats s'ha programat també considerant l'arquitectura del dispositiu principal en aquest cas de la Raspberry Pi.

- **CEC2.3:** *Desenvolupar i analitzar software per a sistemes basats en microprocessadors i les seves interfícies amb usuaris i altres dispositius. [Bastant]*

Aquesta competència tècnica s'ha avaluat com ha bastant perquè per tal de realitzar una comunicació entre la Raspberry Pi i la pantalla de tinta electrònica s'ha optat per utilitzar el protocol SPI que s'encarrega principalment per la transferència de dades entre els dos dispositius. El bus SPI és un estàndard per controlar qualsevol dispositiu electrònic digital que accepti un flux de bits sèrie.

- **CEC3.1:** *Analitzar, avaluar i seleccionar les plataformes hardware i software més adients per al suport d'aplicacions embastades i de temps real. [Bastant]*

Per tal de mostrar les dades, en aquest, l'horari de les assignatures de la Facultat d'informàtica s'ha realitzat un estudi, en el qual s'ha analitzat i avaluat quina era la millor opció per obtenir aquesta informació de totes les opcions que ens ofereix el mercat. Després d'un llarg estudi tal i com s'explica en l'apartat 6 Anàlisi dels components que formen el disseny concretament en l'apartat 6.3 Connectivitat s'ha optat per utilitzar el mòdul WIFI que incorpora la Raspberry Pi per obtenir les dades de la API del Racó.

- **CEC3.2:** *Desenvolupar processadors específics i sistemes embastats; desenvolupar i optimitzar el software d'aquests sistemes. [Bastant]*

Aquesta competència tècnica s'ha avaluat com a bastant ja que s'ha dissenyat un sistema per tal d'emmagatzemar les dades en el nostre sistema similar al d'una Base de Dades. En aquest cas, com que el que volem pintar és una horari d'una aula, s'ha emmagatzemat la informació de cada una de les aules en un fitxer .txt. Quan es vol mostrar una aula, el programa agafa un dels fitxers, parseja la informació i mostrar les dades a la pantalla de tinta electrònica.

12.3. Possibles millores

Com qualsevol projecte aquest pot tenir millores, per tal d'arribar assolir un nou nivell amb el prototip inicial plantejat en aquest treball. Una possible millora, seria realitzar un millor control d'errors alhora d'obtenir la informació. Actualment el control d'error que s'està utilitzant es molt simple però es podria aprofundir, creant una base de dades amb SQL i emmagatzemant tota la informació obtinguda allí, tot i que no és necessari perquè no es modifica cap dada, però estaria bé perquè si per qualsevol motiu no es pot accedir a la API allí estarien les dades emmagatzemades. Actualment, aquesta situació ja es gestiona amb fitxer *.txt* però amb una base de dades seria més correcte. Tal i com ja s'ha dit en aquest treball el temps de refresh de la pantalla es molt elevat. S'ha investigat com disminuir el temps de refresh intentant realitzar una optimització de la llibreria però aquesta ja va el més optimitzada possible, per tant, s'haurà d'esperar a que el fabricant d'aquest tipus de pantalles intenti reduir aquest temps i modificar la pantalla actual per la nova amb un temps de *refresh* menor.

13. Referències

1. Wikipedia, la enciclopedia libre. Tinta electrònica.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Tinta_electr%C3%B3nica>. [En línia] [Data: 02 / 03 / 2018.]
2. tableta., Fotografia d'una.
<https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiZ-fHeiUdbAhUKVxQKHUYgBUAQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Ffredactarmeior.blogspot.com%2F2014%2F02%2Ftableta-meior-que-tablet.html&psig=AOvVaw2EStJe0fzeGmkxgl_j9Blh&us>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
3. modificacions., Fotografia d'un horari amb.
<https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjvnL_5iUdbAhWHthQKHZglANAJRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.bruc.cat%2Faltres%2Factualitat%2Fnoticies%2Fcanvi-dhoraris-cap-el-bruc-100.html&psig=AOvVaw0BwZl1D3vRh1>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
4. pòster., Fotografia de.
<<https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi1sqKTi-DbAhWGPhQKHYYlABYQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.postermywall.com%2Findex.php%2Fposterbuilder&psig=AOvVaw0s9snit7GimhKWRV7QqRxB&ust=1529510065572873>>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
5. documentación, DokuArt. Biblioteca y centro de. El libro electrónico.
<<http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/el-libro-testimonio-cultural/el-libro-electronico>>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
6. Pablo Lara-Navarra, Begoña Gros-Salvat i Magí Almirall. Diseño de libros para dispositivos de tinta electrónica. <<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/23467/1/567518.pdf>>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
7. electrònic., Fotografia d'un llibre. <<https://www.vix.com/es/btg/tech/12419/top-5-mejores-lectores-de-ebook-para-android>>. [En línia] [Data: 20 / 04 / 2018.]
8. Chávez, Bejamín Ortega. Llegan las señales de tráfico con tinta electrónica.
<http://parentesis.mobi/autos/noticias/señales_de_trafico_de_tinta_electronica>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
9. Español, El. Las primeras señales de tráfico de tinta electrónica.
<<https://omicrono.elespanol.com/2015/07/señales-de-traffic-de-tinta-electronica/>>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
10. —. Etiquetas en los mercados. <<https://omicrono.elespanol.com/2015/02/etiquetas-de-tinta-electronica-que-sustituyen-las-de-papel-en-los-supermercados/>>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
11. Co, Beijing Dasung Tech. PaperlikePro. <<http://www.dasungtech.com/>>. [En línia] [Data: 14 / 04 / 2018.]
12. Pro., Fotografia d'una pantalla Paperlike. <<http://www.gadgetify.com/dasung-paperlike-pro-monitor/>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]

13. Xakata., Revista. Smartphone. <<https://www.xatakamovil.com/tag/tinta-electronica>>. [En línia] [Data: 14 / 04 / 2018.]
14. Yotaphone., Fotografia d'un. <<https://www.amazon.co.uk/Yota-YotaPhone-Silicone-Screen-Protectors-black/dp/B01AOIJ2G8>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]
15. documentación, DokuArt. Biblioteca y centro de. El libro electrónico. <<http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/el-libro-testimonio-cultural/el-libro-electronico>>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
16. Retroalimentació., Wikipedia la enciclopedia. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Realimentaci%C3%B3>>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
17. Trello. <<https://trello.com/>>. [En línia] [Data: 05 / 03 / 2018.]
18. Git. <<https://git-scm.com/>>. [En línia] [Data: 05 / 03 / 2018.]
19. GitHub., Fotografia del logotip de. <<https://s19386.pcdn.co/wp-content/uploads/2017/10/github-logo-1.png>>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
20. Google Drive. <<https://www.google.com/drive/>>. [En línia] [Data: 05 / 03 / 2018.]
21. Drive., Fotografia logotip de Google. <<https://e00-el mundo.uecdn.es/assets/multimedia/imagenes/2018/04/10/15233689677632.jpg>>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
22. Trello. <<https://trello.com/>>. [En línia] [Data: 05 / 03 / 2018.]
23. MobaXterm., Pàgina oficial de. <<https://mobaxterm.mobatek.net/>>. [En línia] [Data: 19 / 05 / 2018.]
24. SublimeText., Pàgina oficial de. <<https://www.sublimetext.com/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
25. MobaXterm., Fotografia. <<https://mobaxterm.mobatek.net/screenshot.png>>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
26. SublimeText, Fotografia. <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjPtajX0-DbAhXEcsAKHctiDy4QjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Ffilehippo.com%2Fes%2Fdownload_sublime_text%2F&psig=AOvVaw0QbUBiMB_0bn8-82W_rrlk&ust=1529529536309691>. [En línia] [Data: 19 / 06 / 2018.]
27. Facultat d'Informàtica de Barcelona. Treball de fi de Grau. <<https://www.fib.upc.edu/ca/estudis/graus/grau-en-enginyeria-informatica/treball-de-fi-de-grau>>. [En línia] [Data: 08 / 03 / 2018.]
28. Atenea. Guia de l'assignatura de Gestio de Projectes (GEP). <http://atenea.upc.edu/pluginfile.php/2314015/mod_resource/content/5/Guia%20GEP%20Curs%202017-18%20Q2.pdf>. [En línia] [Data: 08 / 03 / 2018.]
29. Waveshare. Característiques de les pantalles de tinta electrònica. . <<https://www.waveshare.com/7.5inch-e-Paper-HAT-B.htm>>. [En línia]

30. Wikipedia la enciclopedia llibre. Bluetooth. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>>. [En línia] [Data: 08 / 03 / 2018.]
31. Wikipedia, la enciclopedia del llibre. WI-Fi. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>>. [En línia] [Data: 08 / 03 / 2018.]
32. Firebase., Pàgina ofical de. <<https://firebase.google.com/>>. [En línia] [Data: 17 / 05 / 2018.]
33. Point., Wikipedia enciclopedia. Acces. <https://es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_acceso_inal%C3%A1mbrico>. [En línia] [Data: 20 / 06 / 2018.]
34. Eduroam., Gencat. <http://xtec.gencat.cat/ca/at_usuari/gestio/activacioeduroam/>. [En línia] [Data: 20 / 06 / 2018.]
35. Wikipedia, la enciclopedia del llibre. Diagrama de Gantt. <https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Gantt>. [En línia] [Data: 09 / 03 / 2018.]
36. Pablo Lara-Navarra, Begoña Gros-Salvat i Magí Almirall. Diseño de libros para dispositivos de tinta electrónica. <<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/23467/1/567518.pdf>>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
37. Pàgina Oficial de Raspberry Pi. <<https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
38. Microchip. <<https://class.ee.washington.edu/475/peckol/doc/SPITutorial/spi.pdf>>. [En línia] [Data: 04 / 03 / 2018.]
39. Wikipedia, la enciclopedia libre. PIC (Microcontrolador). <[https://ca.wikipedia.org/wiki/PIC_\(microcontrolador\)](https://ca.wikipedia.org/wiki/PIC_(microcontrolador))>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
40. Arduino, Pàgina Ofical. <<https://www.arduino.cc/>>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
41. Wikipedia, la enciclopedia libre. Arduino. <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Arduino>>. [En línia] [Data: 03 / 03 / 2018.]
42. Pi., Fotografia d'una Raspberry. <<https://www.amazon.es/Raspberry-Pi-Modelo-Quad-core-Cortex-A53/dp/B01CD5VC92>>. [En línia] [Data: 22 / 05 / 2018.]
43. PIC., Fotografia d'un. <<https://uk.rs-online.com/web/p/microcontrollers/6230213/>>. [En línia] [Data: 22 / 05 / 2018.]
44. Arduino, Fotografia d'un. <<http://tienda.bricogeek.com/305-arduino-uno.html>>. [En línia] [Data: 22 / 05 / 2018.]
45. A+, Pàgina oficial de Raspberry Pi. Raspberry Pi 1 model. <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-1-model-a-plus/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
46. Pi., Característiques Raspberry Pi model B+. Pàgina oficial Raspberry. <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-1-model-b-plus/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]

47. Pi., Características Raspberry Pi 2 Model B. Pàgina oficial Raspberry.
<<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
48. Pi, Caraterístiques Raspberry Pi 3 model B. Pàgina oficial Raspberry.
<<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
49. Pi, Característiques Raspberry Pi 3 model B+. Pàgina oficial Raspberry.
<<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
50. Zero, Pàgina Oficial de Raspberry Pi. Raspberry Pi.
<<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero/>>. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
51. W, Pàgina Oficial de Raspberry Pi. Raspberry Pi Zero. [En línia] [Data: 05 / 05 / 2018.]
52. W, Fotografia d'una Raspberry Pi Zero. <<https://www.sparkfun.com/products/14277>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]
53. inicio, Amazon. Raspberry Pi zero W kit.
<https://www.amazon.es/gp/product/B06XT2HL78/ref=oh_aui_detailpage_o08_s00?ie=UTF8&psc=1>. [En línia] [Data: 15 / 04 / 2018.]
54. Waveshare. Preu pantalla de tinta electrònica de tres colors. .
<<https://www.waveshare.com/7.5inch-e-Paper-B.htm>>. [En línia] [Data: 15 / 03 / 2018.]
55. Amazon. Preu bateria externa amb placa solar. <https://www.amazon.es/Cargador-Port%C3%A1til-PLOCHY-24000mAh-Dispositivos/dp/B077BBCNH6/ref=sr_1_12_sspa?s=electronics&rps=1&ie=UTF8&qid=1521312232&sr=1-12-spons&keywords=bateria+externa+placa+solar&psc=1>. [En línia] [Data: 16 / 03 / 2018.]
56. VGA, Amazon. Cable HDMI a. <https://www.amazon.es/conversor-Convertidor-transmisi%C3%B3n-unidireccional-conversi%C3%B3n/dp/B073Q47F46/ref=cm_cr_ar_p_d_product_top?ie=UTF8>. [En línia] [Data: 12 / 06 / 2018.]
57. Personal., Pàgina oficial de Microsoft. Preu Microsoft Office 365.
<<https://products.office.com/en-us/office-365-personal>>. [En línia] [Data: 21 / 06 / 2018.]
58. Microsoft, Pàgina oficial de. <<https://www.microsoft.com/es-es/windows>>. [En línia] [Data: 21 / 06 / 2018.]
59. Pi., Informació sobre Raspberry. <<http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]
60. Pi., Wikipedia. Fundació Raspberry.
<https://ca.wikipedia.org/wiki/Fundaci%C3%B3_Raspberry_Pi>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]

61. Pi., Logotip representatiu de la funació Raspberry.
<<https://magefant.blogspot.com/2017/05/guia-de-compra-de-raspberry-pi-3.html>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]
62. Raspbian, Pàgina oficial de. <<https://www.raspbian.org/>>. [En línia] [Data: 20 / 05 / 2018.]
63. titani., Esquema de com actuen les partícules de.
<<https://disenopreimpresiongomezana.wordpress.com/2013/02/>>. [En línia] [Data: 21 / 05 / 2018.]
64. electrónicos., Clipset. E-Ink crea una pantalla de tinta electrònica a color para libros.
<<https://clipset.20minutos.es/e-ink-crea-una-pantalla-de-tinta-electronica-a-color-para-libros-electronicos/>>. [En línia] [Data: 06 / 03 / 2018.]
65. Waveshare., Documentació pantalla. <[https://www.waveshare.com/wiki/7.5inch_e-Paper_HAT_\(B\)](https://www.waveshare.com/wiki/7.5inch_e-Paper_HAT_(B))>. [En línia] [Data: 03 / 06 / 2018.]
66. Waveshare., Documentació pantalla de tinta electrònica.
<[https://www.waveshare.com/wiki/7.5inch_e-Paper_HAT_\(B\)](https://www.waveshare.com/wiki/7.5inch_e-Paper_HAT_(B))>. [En línia] [Data: 04 / 06 / 2018.]
67. Racó., API del. <<https://raco.fib.upc.edu/oauth/gestio-api/api.jsp>>. [En línia] [Data: 21 / 05 / 2018.]
68. Pi., Redezone. Informació consum d'energia Raspberry.
<<https://www.redezzone.net/2017/03/02/energia-consumida-raspberry-pi/>>. [En línia] [Data: 21 / 06 / 2018.]
69. extern., Amazon. Fotografia cargador.
<https://www.amazon.es/gp/product/B072QVGCZP/ref=oh_aui_detailpage_o04_s00?ie=UTF8&psc=1>. [En línia] [Data: 21 / 06 / 2018.]
70. .bmp, Wikipedia l'enciclopedia lliure. Format.
<https://ca.wikipedia.org/wiki/Windows_Bitmap>. [En línia] [Data: 10 / 06 / 2018.]

14. Annexos

14.1 Documentació API del racó

Per tal que la informació del Racó de la FIB pugui servir per desenvolupar aplicacions més adequades a les necessitats dels estudiants i professors, hem decidit oferir una API. Dintre d'aquesta API tenim URL totalment públiques (que donen informació a la que podem accedir des de fora del Racó) i altres que ens donen informació privada i personal, que funcionen utilitzant OAuth 1.0.

API pública

URL	explicació
/api/horaris/horari-signatures.txt	Retorna l'horari de les assignatures que li passem com a paràmetre, en format text separat per tabuladors

Exemple:

<https://raco.fib.upc.edu/api/horaris/horari-signatures.txt?signatures=GRAU-IC&signatures=GRAU-PRO1>

GRAU-IC 13 2 10:00 L A5S108

GRAU-IC 13 2 11:00 L A5S108

Cada línia retornada té el següent significat:

- Sigles de l'assignatura (Ex: GRAU-IC)
- Grup (Ex: 13)
- Dia de la setmana (1=Dilluns, 2=Dimarts i així successivament...)
- Hora en que s'imparteix l'assignatura. Si per exemple posem 10:00, vol dir que hi ha classe e 10:00 a 11:00. Si es fan dos hores de classe seguides, hi haurà una altra línia per l'hora de 11:00 a 12:00
- Tipus de classe (T=Teoria, P=Problemes, L=Laboratori)
- Aula on s'imparteix la classe (Ex: A5S108)

URL	explicació
/api/horaris/assignatures-titulacio.txt	Retorna les sigles de les assignatures d'una titulació que tenen horari. Els possibles codis son GRAU, MAI, MEI, MIRI, DKDM, IT4BI i els màster i enginyeries a extinguir (EI03, ETG03 , ETS03, MC06, MC09, MIA06, MIA09, MTI06, MTI09)

Exemple:

<https://raco.fib.upc.edu/api/horaris/assignatures-titulacio.txt?codi=GRAU>

GRAU-IC

GRAU-AC

GRAU-BD

...

URL	explicació
/api/aules/disponibilitat-pc.txt	Retorna la disponibilitat d'un PC (sigui perquè hi ha una reserva o perquè hi ha classe)

Exemple:

<https://raco.fib.upc.edu/api/aules/disponibilitat-pc.txt?pc=A5S102PC22>

08:00|0859|Classe de RI

09:00|0959|Classe de RI

10:00|1059|Classe de CL

...

URL	explicació
/api/aules/reserves-portatils.txt	Dona els portàtils que estan ocupats en aquests moments. Dades separades per tabuladors

CHAMBAS01 13/05/2011 15:00 13/05/2011 20:59 P

CHAMBAS04 13/05/2011 14:45 13/05/2011 18:00 P

URL	explicació
/api/aules/places-lliures.json	Retorna les places lliures que hi ha a les aules informàtiques

Exemple:

```
{
  "aules": [
    {"nom": "a5s100", "places": "5"},
    {"nom": "a5s102", "places": "19"},
    ...
    {"nom": "c6s308", "places": "19"}
  ],
  "update": "10/05/2011 11:52:06"
}
```

URL	explicació
/api/aules/horari-avui.ics	Retorna un iCalendar amb els horaris d'avui a les aules informàtiques
/api/assignatures/llista.json	Retorna la llista d'assignatures obertes del grau

Exemple:

```
[
  {"idAssig": "PAR", "codi_upc": "270020", "nom": "Paralelisme"},
  {"idAssig": "G", "codi_upc": "270022", "nom": "Gràfics"},
  ...
]
```

URL	explicació
/api/assignatures/info.json	Retorna la informació de l'assignatura de la qual passem per paràmetre el codi UPC

Exemple:

https://raco.fib.upc.edu/api/assignatures/info.json?codi_upc=270002

```
{
  "professors":[
    {"email":"ppau@lsi.upc.edu","nom":"PERE PAU VÁZQUEZ
    ALCOCER"},
    {"email":"abeacco@lsi.upc.edu","nom":"ALEJANDRO
    BEACCO PORRES"}
  ],
  "idAssig":"IDI",
  "descripcio":["Conèixer...","Aprendre..."],
  "credits":"6",
  "nom":"Interacció i Disseny d'Interfícies"
  "status":"0"
}
```

API privada (OAuth 1.0)

La API del Racó es basa en OAuth 1.0. OAuth permet que una aplicació externa al sistema que proveeix la informació (el Racó al nostre cas) accedeixi a informació personal prèvia autorització. És a dir, l'usuari que utilitzi l'aplicació externa haurà d'autoritzar explícitament en una pantalla del Racó que permet aquest traspàs d'informació.

El primer pas per poder accedir a una URL protegida serà doncs registrar la nostra aplicació perquè així el Racó la pugui autoritzar. Aquest procés de registre ens donarà dos valors: la *consumer key* i el *consumer secret*, que seran necessaris per intercanviar-los per un *access token* que ens donarà accés a la informació.

Per exemple, suposem que desenvolupem una aplicació per pintar el nostre horari que vol accedir a la URL `/api-v1/horari-setmanal.json`. L'aplicació haurà d'implementar el flux OAuth per obtenir un *access token*, que consisteix, bàsicament en:

- Demanar un *request token* a la url
`https://raco.fib.upc.edu/oauth/request_token`
- Cridar a la URL del Racó per autoritzar aquest *request token*,
`https://raco.fib.upc.edu/oauth/protected/authorize`. Aquesta URL demanarà *username* i *password* al Racó, en cas que no estiguem ja autenticats
- Canviar el *token* autoritzat per un *access token* a la url
`https://raco.fib.upc.edu/oauth/access_token`. L'aplicació emmagatzemarà aquest *token* (i el seu *token secret*) associat a l'usuari que ha entrat a

l'aplicació, de forma que en posteriors accessos a l'aplicació ja estarà autenticada i no caldrà tornar a fer tot el procés

Totes les peticions que es fan a les URL de OAuth han de portar el consumer *key* i anar signades amb el consumer secret amb que s'ha registrat l'aplicació.

Totes les peticions que es fan a les URL del API de portar el *access token* i anar signades amb el *token* secret que s'ha obtingut del flux OAuth.

Més informació sobre com utilitzar OAuth 1.0

- <http://hueniverse.com/oauth/>
Explicació pas a pas de que es OAuth i de la implementació de OAuth 1.0.
- <http://www.oauth.net/code/>
Llista de llibreries per diferents llenguatges de programació.
- <http://raco-oauth-test.appspot.com/>
Exemple d'aplicació externa que es connecta al Racó per presentar la informació personal. Esta basada en el codi disponible a <http://oauth.googlecode.com/svn/code/java/example/>
- <http://raco.fib.upc.edu/gadgets/horari.xml>
Exemple de gadget OpenSocial que utilitza la API del Racó per pintar l'horari personal. Està provat a www.igooogle.com.
- <https://raco.fib.upc.edu/oauth/gestio-api/register.jsp>
Registre d'aplicacions al Racó

URL	explicació
/api-v1/assignments.json	Assignatures matriculades en el cas d'un estudiant o impartides en el cas d'un professor, en format JSON

Exemple:

```
[  
  {"idAssig": "GRAU-EDA", "codi_upc": "270012", "nom": "Estructures de dades i algorismes"},  
  {"idAssig": "GRAU-F", "codi_upc": "270003", "nom": "Física"},  
  {"idAssig": "GRAU-FM", "codi_upc": "270002", "nom": "Fonaments Matemàtics"}  
]
```

URL	explicació
/api-v1/attachment	Descarrega un fitxer adjunt d'un avís d'una assignatura.

Cal passar-li els següents paràmetres a la query:

- assign / espai

Calen un d'aquests 2 paràmetres

- assign: l'id de l'assignatura a la qual pertany l'avís (sigles)
- espai: Codi UPC numèric de l'assignatura a la qual pertany l'avís.

- idAvis

- l'id de l'avís al qual volem accedir

- idAdjunt

- l'id de l'adjunt de l'avís que volem descarregar

URL	explicació
/api-v1/horari-setmanal.json	Horari setmanal del quadrimestre, en format JSON.

Exemple:

```
[  
  {"Dia":2,"Aules":["A6202"],"HoraFi":9,"Horalnici":8,"Tipus":"T","Assig":"GRA  
U-CI","Grup":"20"},  
  {"Dia":5,"Aules":["B5S201"],"HoraFi":9,"Horalnici":8,"Tipus":"L","Assig":"GR  
AU-BD","Grup":"21"}  
  ...  
]
```

URL	explicació
/api-v1/info-personal.json	Informació personal de l'usuari connectat

Exemple:

```
{  
  "id":"e2873463",  
  "mail":"perico.palotes@est.fib.upc.edu",  
  "username":"perico.palotes",  
  "rols":["EST","EST-GRAU-AC"],  
  "idioma":"ca",  
}
```

```
"cognoms":"PALOTES GRANDES","nom":"PERICO"  
}
```

URL	explicació
/api-v1/calendari-portada.ics	ICS amb l'agenda que es mostra a la portada del Racó

URL	explicació
/api-v1/calendari-portada.url	URL per accedir a l'iCalendari de la portada del Racó, mitjançant una clau.

Exemple:

`webcal://raco.fib.upc.edu/ical/portada.ics?KEY=4bcfa845-d3d2-40fd-9873-c3ab54e503x5`

URL	explicació
/api-v1/horari.ics	Horari personal durant el quadrimestre en format iCalendar.

URL	explicació
/api-v1/horari.url	URL per accedir a l'iCalendar de l'horari, mitjançant una clau.

Exemple:

`https://raco.fib.upc.edu/ical/horari.ics?KEY=543ba023-18ef-4abc-b32e-bf58167e44x5`

URL	explicació
/api-v1/avisos.rss	RSS personalitzat amb els avisos que veiem a la portada del Racó

URL	explicació
/api-v1/avisos.json	JSON personalitzat amb els avisos que veiem a la portada del Racó (les assignatures i les notícies generals).

URL	explicació
/api-v1/avisos-assignatura.rss	RSS personalitzat amb els avisos d'una assignatura.

Cal indicar-li el següent paràmetre a la query:

- **espai**
 - l'id de l'espai (assignatura) a la qual pertany l'avis